

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Горного дела, геологии и геотехнологий
институт

Горные машины и комплексы
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Гилев А.В. Гилев
подпись инициалы, фамилия
« 6 » 02 2018 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

21.05.04.09 - «Горные машины и оборудование»
код и наименование специальности

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СТЕНДА ДЛЯ ПРОМЫВКИ
БУРОВЫХ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

тема

Научный руководитель	<u>Гилев А.В. 6.02.18</u> подпись, дата	д.т.н., проф.	Гилев А.В. инициалы, фамилия
Выпускник	<u>Тимофеев В.А. 02.02.18</u> подпись, дата		Тимофеев В.А. инициалы, фамилия
Рецензент	<u>Левченко Е.А. 08.02.18</u> подпись, дата	Начальник ЦТД	Левченко Е.А. инициалы, фамилия

Консультанты:

Безопасность жизнедеятельности
и охрана труда
наименование раздела

Капличенко Н.М. 02.02.18
подпись, дата

Н.М. Капличенко
инициалы, фамилия

Экономическая часть
наименование раздела

Бурменко А.Д. 02.02.18
подпись, дата

А.Д. Бурменко
инициалы, фамилия

Нормоконтролер
наименование раздела

Гилев А.В. 6.02.18
подпись, дата

А.В. Гилев
инициалы, фамилия

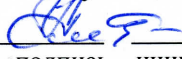
Красноярск 2018 г.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Горного дела, геологии и геотехнологий
Институт

Горные машины и комплексы
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой


подпись инициалы, фамилия
« 2 » 01 2018 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме дипломной работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту Тимофееву Виктору Анатольевичу
(фамилия, имя, отчество студента(ки))

Группа ЗГГ 11-07 Направление (специальность) 21.05.04.09
(код)

«Горные машины и оборудование»
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка конструкции станда для промывки буровых шарошечных долот

Утверждена приказом по университету №

Руководитель ВКР: Гилев Анатолий Владимирович, д.т.н, профессор, зав. каф. «Горные машины и комплексы»
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР: 1. Объемы бурения; 2. Количество шарошечных долот; 3. Средняя проходка на долото; 4. Стоимость бурового инструмента.

Перечень разделов ВКР: 1. Реферат; 2. Содержание; 3. Введение; 4. Глава 1. Современное состояние конструкций и условий эксплуатации шарошечных буровых долот; 5. Разработка конструкции станда для промывки шарошечных буровых долот; 6. Глава 2. Разработка конструкции станда для промывки шарошечных буровых долот; 7. Глава 3. Техничко-экономическое обоснование технического обслуживания шарошечных долот; 8. Глава 4. БЖД; 9. Заключение; 10. Список используемых источников.

Руководитель ВКР


подпись

А.В. Гилев
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению


подпись

В.А. Тимофеев
инициалы и фамилия студента

« 2 » 01 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава 1. Современное состояние конструкций и условий эксплуатации шарошечных буровых долот.....	6
1.1. Конструктивные особенности шарошечных долот	6
1.2. Условия эксплуатации шарошечных долот и причины износа.....	19
1.3. Основные закономерности изнашивания шарошечных долот	22
1.4. Изнашивание элементов режуще-шарошечных долот	37
1.5. Методы борьбы с износом деталей машин.....	40
1.6. Причины и анализ износа шарошечных долот.....	44
Выводы.....	63
Глава 2. Разработка конструкции стенда для промывки шарошечных буровых долот	66
2.1. Конструктивная схема	66
2.2. Принцип работы промывочной установки.....	66
Выводы	67
Глава 3. Техничко-экономическое обоснование технического обслуживания шарошечных долота	69
3.1. Описание проблемы.....	69
3.2. Расчет капитальных вложений и амортизационных отчислений	72
3.3. Расчет амортизационных отчислений.....	73
3.4. Расчет текущих затрат	73
3.5. Расчет экономического эффекта.....	75
3.6. Оценка результатов предложения.....	76
3.7. Выводы.....	77
Глава 4. БЖД.....	79
4.1. Общие требования	80
4.2. Буровые работы.....	89
4.3. Охрана труда	90
Заключение.....	92
Список используемых источников	93

ВВЕДЕНИЕ

В основе любого промышленного производства стоит горная промышленность, осуществляющая добычу полезных ископаемых и обеспечивающая сырьевые потребности не только России, но и других стран.

В последние годы объемы бурения в России уверенно растут. По итогам 2010 года объемы проходки в разведочном бурении по стране в целом выросли на 53,1% по сравнению с 2009 г., составив 710,8 тыс. м. В эксплуатационном бурении компании пробурили в 2010 г. почти 16,5 млн м, побив тем самым рекорд 2008 года .

Ежегодная потребность в буровых станках для нужд геологоразведки и эксплуатационного бурения оценивается Министерством промышленности и торговли Российской Федерации на уровне 230-410 единиц в год а ежегодные эксплуатационные затраты могут достигнуть 6 млрд. руб., из них примерно 60- 65% составят затраты на буровой инструмент.

Среди породоразрушающих буровых инструментов наиболее универсальными и широко используемыми являются шарошечные долота, область применения которых охватывает практически все многообразие горных пород - от очень мягких до весьма твердых.

Шарошечными долотами осуществляется свыше 90 % объёма бурения на нефть и газ; эти долота наиболее производительны при бурении геологоразведочных и взрывных скважин в крепких породах.

Широкое использование ресурсоемких и сложных шарошечных долот требуют эффективной и рациональной их эксплуатации. Именно поэтому разработка наглядных материалов по грамотному и безопасному техническому обслуживанию данных буровых инструментов является важной и актуальной проблемой.

Целью дипломной работы является обоснование и разработка стенда для технического обслуживания шарошечных буровых долот.

Для реализации цели дипломной работы необходимо решение следующих задач:

Исследование современного состояния конструкций и условий эксплуатации шарошечных буровых долот;

Разработка конструкции стенда для промывки шарошечных буровых долот;

Технико-экономическое обоснование технического обслуживания шарошечных долот;

Изучение техники безопасности эксплуатации и технического обслуживания шарошечных долот.

Методической и теоретической основой дипломной работы являются
ЛИТЕРАТУРА.

Кроме того в работе были использованы литература и внутренняя документация предприятия.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШАРОШЕЧНЫХ БУРОВЫХ ДОЛОТ

1.1 КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

Основным элементом бурового инструмента, решающим задачу механического разрушения горной породы, является буровое долото. Как правило, буровое долото закрепляется в конце бурильной колонны, которая передаёт ему осевое и окружное усилие, создаваемое буровой установкой (в случае ударного бурения долото буровое подвешивается на канате и наносит удары по забою скважины за счёт энергии свободного падения).

Породоразрушающий инструмент классифицируют по следующим двум основным признакам: назначение, характер воздействия на породу и конструктивные особенности.

По назначению различают следующие типы буровых долот:

- для сплошного бурения;
- для колонкового бурения;
- для специальных целей .

В ходе сплошного бурения происходит разрушение породы по всему забою скважины; при колонковом бурении порода разрушается по кольцу у стенок скважины с оставлением ее в центральной части; специальные работы по бурению включают в себя разбуривание цемента в колонне труб, расширение скважин и др.

По характеру воздействия на породу буровые долота делятся на 4 класса: -дробящего действия;

- дробяще-скалывающего;
- истирающе-режущего;
- режуще-скалывающего.

Основными элементами бурового долота являются корпус и рабочая (разрушающая) часть; конструкция рабочей части определяет три типа буровых долот:

- лопастное;
- алмазное;
- шарошечное.

Под действием нагрузки на забой лопастное долото врезается в породу, а под влиянием вращающего момента - скалывает ее. Лопастные долота применяются при бурении в мягких высокопластичных горных породах с ограниченными окружными скоростями.

Алмазные долота состоят из стального корпуса и алмазонесущей головки, выполненной из порошкообразной твердосплавной шихты. Центральная часть долота представляет собой вогнутую поверхность в форме конуса с каналами для промывочной жидкости, а периферийная зона - шаровую поверхность, переходящую на боковых сторонах в цилиндрическую.

Применение алмазных долот обеспечивает высокие скорости бурения, снижение кривизны скважин.

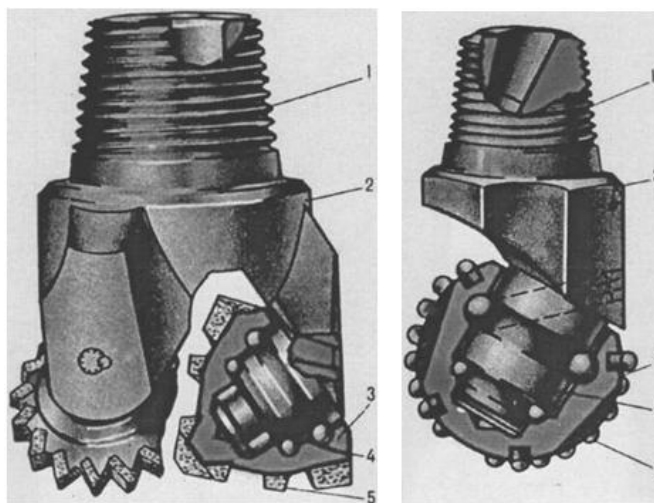
Шарошечные долота представляют собой наиболее универсальный породоразрушающий буровой инструмент, поскольку область их применения охватывает практически все многообразие горных пород: от очень мягких до весьма твердых.

В Российской Федерации шарошечные долота изготавливают в соответствии с ГОСТ 20692-75 "Долота шарошечные. Типы и основные размеры. Технические требования."

Шарошечные долота обозначаются шифром, в котором указывается:

- число шарошек, шт;
- диаметр долота в мм;
- тип долота по вооружению шарошек;
- обозначение вида промывки;
- обозначение вида опоры;
- номер заводской модели.

Шарошечное буровое долото состоит из (одной, двух, трёх, четырёх или шести) конических, сферических или цилиндрических шарошек, смонтированных на подшипниках качения или скольжения (или их комбинации) на цапфах секций бурового долота. Основной разновидностью шарошечных долот для сплошного бурения является трёхшарошечное долото, при бурении глубоких скважин распространено одношарошечное буровое долото. На рисунке 1 представлена схема трёхшарошечного и одношарошечного буровых долот.



а - трёхшарошечное; б - одношарошечное; 1 - наружная конусная присоединительная резьба (ниппель); 2 - секция (лапа) долота; 3 - шарошки; 4 - опора долота; 5 - зубья шарошек.

Рисунок 1 - Шарошечные долота.

В зависимости от конструкции корпуса шарошечные буровые долота разделяют на секционные и корпусные. В секционных корпус сваривается из отдельных (двух, трёх или четырёх) секций (лап), на цапфах которых монтируются шарошки; в корпусных — корпус литой, к нему привариваются лапы со смонтированными на их цапфах шарошками. Для присоединения буровых долот к бурильной колонне у секционных долот предусматривается наружная конусная резьба (ниппель), у корпусных — внутренняя конусная резьба (муфта).

По характеру воздействия на горные породы шарошечные буровые долота относятся к дробящему и дробяще-скалывающему классам. Буровые

долота дробящего действия характеризуются минимальным скольжением зубьев при перекатывании шарошек по забою и отсутствием фрезерующего действия по стенке скважины периферийными зубьями; различают следующие их типы:

- Т — для бурения твёрдых пород,
- ТЗ — твёрдых абразивных пород,
- ТК — твёрдых пород с пропластками крепких,
- ТКЗ — твёрдых крепких абразивных пород,
- К — крепких пород,
- ОК — очень крепких пород.

Шарошечные буровые долота дробяще-скалывающего действия характеризуются увеличением скольжения зубьев при перекатывании шарошек по забою и стенке скважины. Выделяют следующие типы буровых долот дробяще-скалывающего действия:

- М — для бурения мягких пород,
- МЗ — мягких абразивных пород,
- МС — пород мягких с пропластками средней твёрдости,
- МСЗ — мягких абразивных пород с пропластками средней твёрдости,
- С — пород средней твёрдости,
- СЗ — абразивных пород средней твёрдости,
- СТ — пород средней твёрдости с пропластками твёрдых.

Зубья шарошечных буровых долот являются породоразрушающим элементом (вооружением) шарошечных буровых долот. Зубья шарошечных долот делятся на фрезерованные зубья, запрессованные твердосплавные зубки и комбинации зубьев с зубками на поверхности шарошек. Использование того или иного типа зубьев связано с характеристиками горной породы. Для повышения износостойкости фрезерованных зубьев шарошек от абразивного износа их наплавляют твёрдым сплавом, состоящим из зёрен карбидов вольфрама.

В долотах типов "М", "МС", "С" и "Т", предназначенных для

разрушения малоабразивных пород, шарошки оснащены фрезерованными зубьями, наплавляемыми зерновым твердым сплавом. Наплавочный материал состоит из композиции зерен твердого сплава и более мелких частиц карбида вольфрама, наносится на все поверхности зуба (боковые и торцовые поверхности и притупления). Это способствует увеличению стойкости вооружения и долота в целом, обеспечивает высокую механическую скорость бурения за счет длительного сохранения породоразрушающей поверхности фрезерованных зубьев.

В долотах типов "МЗ", "МСЗ", "СЗ", "ТЗ", "К" и "ОК", предназначенных для разрушения абразивных пород, шарошки оснащаются твердосплавными вставными зубками с различной породоразрушающей поверхностью, диаметром, величиной выступания над телом шарошки. В качестве материала для их изготовления применяются твердые сплавы с высокими прочностными свойствами и противозносными показателями.

Высота породоразрушающих элементов или твердосплавных зубков и их шаг по венцам максимальны в долотах, предназначенных для бурения мягких пород и изменяется до минимума в долотах для твердых пород

Вооружение шарошек для мягких пород проектируется с максимальным смещением осей шарошек и максимальным углом наклона к оси долота с целью усиления ударно-сдвигающего воздействия.

Вооружение долот для пород средней твердости проектируется со средним смещением и соответствующим углом наклона оси цапфы с целью получения как скалывающего воздействия, так и достаточно высокого ударно-сдвигающего воздействия.

Вооружение долот для твердых пород проектируется с минимальным или вообще отсутствующим смещением с целью получения чисто ударного воздействия.

Существуют следующие системы промывки / продувки шарошечных долот:

- с центральной промывкой (тип Ц);

- с боковой гидромониторной промывкой (тип Г);
- с центральной продувкой (тип П);
- с комбинированной центральной и боковой промывкой (тип ЦТ).

Буровые долота с центр.промывкой имеют одно отверстие в центре долота либо три отверстия или щели в корпусе (промывочной плите), через которые промывочная жидкость направляется на шарошки в центр, часть скважины. В долотах с боковой промывкой (гидромониторные буровые долота) промывочная жидкость через сопла направляется между шарошками в периферийную зону забоя скважины (рис 2).

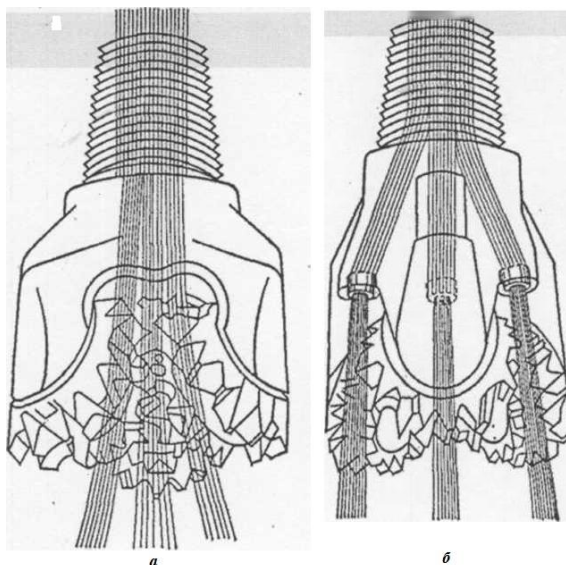


Рисунок 2 - Схема шарошечных долот с центральной (а) и боковой (б) промывкой

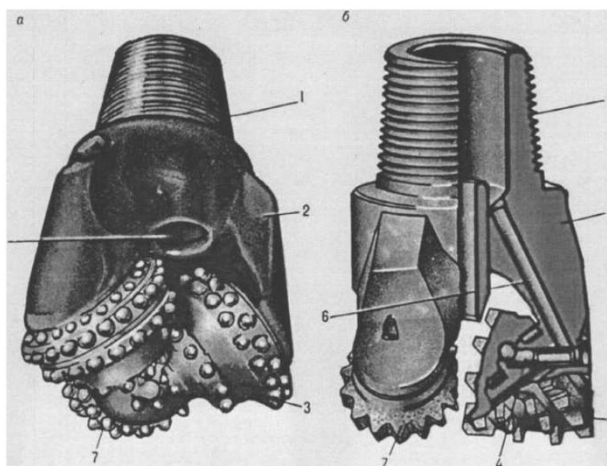
В буровых долотах с продувкой воздухом, газом или воздушно-водяной смесью одна часть потока через центральное отверстие в корпусе долота подаётся на шарошки, другая - по спец. каналам в лапах и их цапфах поступает в полость опор шарошек для их охлаждения и очищения от бурового шлама. При бурении взрывных скважин в долотах с продувкой воздухом применяют обратные клапаны, которые обеспечивают немедленное закрытие центрального продувочного канала долота после прекращения подачи воздуха и тем самым не допускают засасывания частиц породы в полость корпуса долота над входом в продувочные каналы лап.

Долота, созданные для бурения с продувкой забоя воздухом, газом

либо воздушно-водяной консистенцией, кроме центрального либо боковых продувочных отверстий в корпусе долота, имеют дополнительные каналы в теле и цапфах лап, нужные для остывания и смазки опор, поскольку при бурении с продувкой скважины воздухом условия работы опор шарошек значительно ухудшаются вследствие недостаточного теплоотвода от трущихся деталей подшипников.

В последние годы все большее применение находят долота с герметизированной маслonaполненной опорой (рисунок 3), у которых специальная смазка поступает к подшипникам из эластичного баллона по имеющемуся в лапе и цапфе каналу. Проникновению бурового раствора в полость такой опоры и утечке смазки препятствует жесткая уплотнительная манжета. Долговечность таких долот при ограниченной частоте оборотов на порядок и более превосходит долговечность долот с открытой опорой.

На рисунке 3 представлена конструкция шарошечного долота с боковой промывкой (а) и продувкой воздухом (б).



а - гидромониторное; б - с продувкой опор воздухом; 1 - наружное конусное присоединение; 2 - секция (лапа) долота; 3 - шарошка; 4 - опора долота; 5 - гидромониторный канал; 6 - канал для продувки опоры воздухом; 7 - зубья шарошек.

Рисунок 3 - Трёхшарошечное долото.

Опоры шарошек - наиболее ответственные узлы шарошечного долота, стойкость которых чаще всего определяет долговечность долота в

целом. Опора шарошечных буровых долот в процессе вращения шарошки обеспечивает передачу осевой нагрузки от бурильной колонны через цапфы и тела качения вооружению шарошки, находящемуся в контакте с горной породой забоя скважины

Опоры шарошек в зависимости от типоразмера долот конструируются из различных сочетаний шариковых и роликовых подшипников качения и подшипников скольжения. В опорах буровых долот в качестве радиальных используются подшипники роликовые, шариковые и скольжения, радиально- упорных - шариковые подшипники, упорных - подшипники скольжения.

Шариковые подшипники легче разместить в ограниченных размерах шарошки, они слабо реагируют на возможные перекосы осей шарошек и цапф. Однако из-за проскальзывания шариков по боковым дорожкам эти подшипники быстро нагреваются и требуют интенсивного охлаждения.

Роликовые подшипники могут воспринимать большую, чем шариковые подшипники нагрузку, но труднее вписываются в ограниченные размеры шарошек. Они весьма чувствительны к перекосам осей шарошек и цапф и при износе роликов нередко шарошки заклиниваются на цапфах.

Подшипники скольжения способны воспринимать наибольшие нагрузки. Однако эффективны они только при невысоких частотах вращения долота, когда трущиеся поверхности шарошек и цапф и соседних подшипников качения сильно не нагреваются.

В каждой системе опор обязательно имеется один шариковый подшипник, называемый замковым радиально-упорным подшипником двухстороннего действия. Он удерживает шарошку на цапфе и воспринимает усилия, направленные вдоль и перпендикулярно к оси цапфы. Устанавливается этот подшипник в последнюю очередь, через цилиндрический канал в цапфе, затем в этот канал вставляется стержень (палец) и его наружная часть приваривается к телу цапфы.

Подшипники шарошек в процессе бурения смазываются и

охлаждаются буровым раствором, проникающим к ним по зазору между основанием шарошки и упорной поверхностью в цапфе. Поэтому в буровой раствор добавляются специальные реагенты, улучшающие его смазочные свойства.

Условное обозначение (шифр) долота:

III-215,9 С-ГНУ 2354,

где III - трехшарошечное ;

215,9 - номинальный диаметр долота, мм;

С - тип долота (для бурения пород средней твердости);

Г - боковая гидромониторная промывка;

Н - опора для низкооборотного бурения на одном подшипнике скольжения;

У - опора маслonaполненная с уплотнительной манжетой;

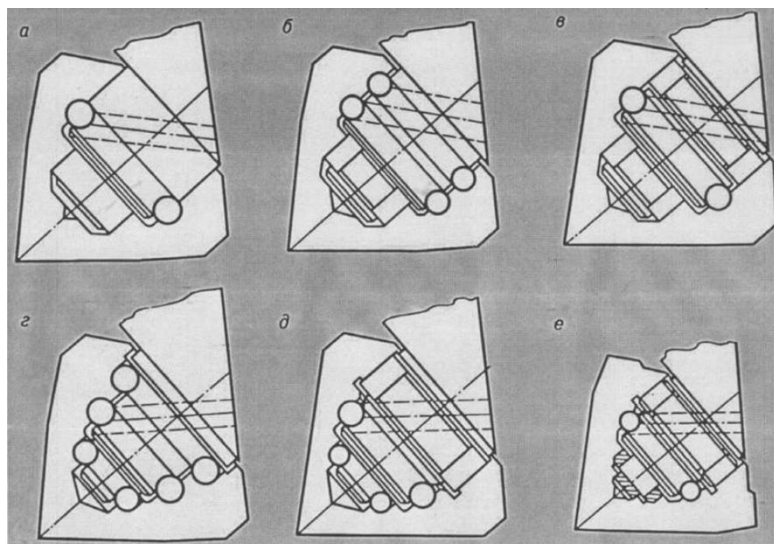
2354 - заводской номер долота.

В маркировке трехшарошечных долот и долот с центральной промывкой цифра III и буква Ц не указывается.

Опоры шарошек изготавливаются:

- на подшипниках с телами качения (В);
- на одном подшипнике скольжения (остальные подшипники с телами качения) (Н);
- на одном подшипнике скольжения (остальные подшипники с телами качения) и с герметизированной маслonaполненной опорой (НУ);
- на двух и более подшипниках скольжения (А);
- на двух и более подшипников скольжения и с герметизированной маслonaполненной опорой (АУ).

На рис 4 показаны наиболее известные схемы опор, которые применяют в шарошечных буровых долотах. В каждой опоре имеется замковый шариковый подшипник, удерживающий шарошку на цапфе и воспринимающий осевую составляющую нагрузки на долото.



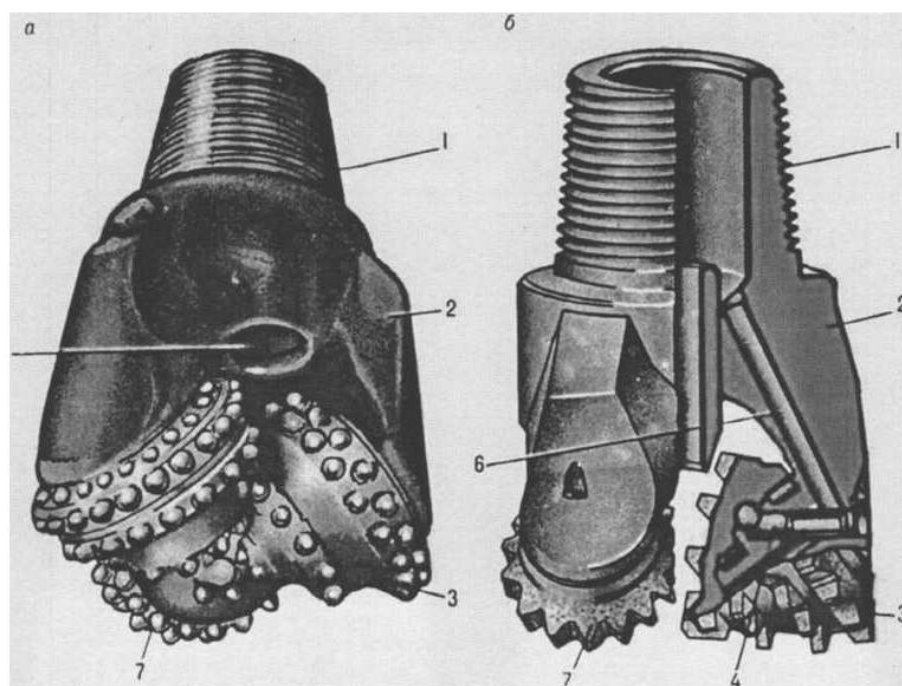
а - опора скольжения - шариковый подшипник - опора скольжения (СШС); б - двухрядный шариковый подшипник - роликовый подшипник (ШШР); в - роликовый подшипник - шариковый подшипник - роликовый подшипник (РШР); г - трёхрядный шариковый подшипник (ШШШ); д - роликовый подшипник - двухрядный шариковый подшипник (РШШ); е - роликовый подшипник - шариковый подшипник - опора скольжения - упорная пята (РШСу).

Рисунок 4 - Схемы опор шарошечных долот.

Число роликов и шариков в опоре шарошек и их размеры зависят от размера долота, схема опоры - от режима бурения. Долота, используемые для высокооборотного бурения (более 250 об/мин), имеют опору с телами качения без герметизации (серия 1АВ), для среднеоборотного бурения (до 250 об/мин) - опору по схеме ролик-шарик - скольжение - упорная пята без герметизации (серия 1АН) либо с герметизацией при помощи торцевой манжеты (серия 2АН). Долота для низкооборотного бурения (до 60 об/мин) имеют герметизированную маслonaполненную опору по схеме скольжение - шарик - скольжение - упорная пята с радиальной уплотняющей манжетой. В долотах с герметизированной маслonaполненной опорой в утолщённой части лапы имеется спец. резервуар со смазкой, в который вмонтирован эластичный мешок, изменяющий форму по мере увеличения давления при спуске долота в скважину и способствующий вытеснению смазки по смазочным каналам к трущимся элементам опоры. При этом

уплотнит. Манжета должна обеспечить герметичность опор со стороны торца шарошки. Это достигается жёсткостью торцевой манжеты и плотным прилеганием её к торцу шарошки.

Для подвода промывочной жидкости через долото к забою скважины в шарошечных Б. д. имеются спец. промывочные или продувочные устройства. В зависимости от конструктивного выполнения выделяют шарошечные долота с центральной, боковой промывкой, а также продувкой воздухом. ШД с центральной промывкой имеют одно отверстие в центре долота либо 3 отверстия или щели в корпусе (промывочной плите), через которые промывочная жидкость направляется на шарошки в центр, часть скважины. В долотах с боковой промывкой (гидромониторные рисунок 5, а) промывочная жидкость через сопла направляется между шарошками в периферийную зону забоя скважины.



а - гидромониторное; б - с продувкой опор воздухом; 1 - наружное конусное присоединение; 2 - секция (лапа) долота; 3 - шарошка; 4 - опора долота; 5 - гидромониторный канал; 6 - канал для продувки опоры воздухом; 7 - зубья шарошек.

Рисунок 5 - Трёхшарошечное долото.

В буровом долоте с продувкой воздухом (рисунок 5, б), газом или воздушно-водяной смесью одна часть потока через центральное отверстие в корпусе долота подаётся на шарошки, другая - по спец. каналам в лапах и их цапфах поступает в полость опор шарошек для их охлаждения и очищения от бурового шлама. При бурении взрывных скважин в долотах с продувкой воздухом применяют обратные клапаны, которые обеспечивают немедленное закрытие центрального продувочного канала долота после прекращения подачи воздуха и тем самым не допускают засасывания частиц породы в полость корпуса долота над входом в продувочные каналы лап.

Классификация шарошечных долот по IADC (International Association of Drilling Contractors)

Международной ассоциации буровых подрядчиков — основана на четырех символьном коде, отражающем конструкцию долота и тип горных пород, для бурения которых оно предназначено. Первые три символа — цифровые, а четвертый — буквенный. Последовательность цифровых символов определяется как «серия — тип — опора / калибрующая поверхность». Четвертый буквенный символ определяется как «дополнительные характеристики».

Первая цифра кода — серия вооружения долота (1 - 8).

Восемь категорий серий вооружения соответствуют общей характеристике горных пород, для бурения которых предназначено долото. Серии от 1 до 3 определяют долота с фрезерованным вооружением, а серии от 4 до 8 — долота с твердосплавным вооружением. Внутри групп фрезерованных и штыревых долот увеличение цифры серии означает увеличение твердости пород, для которых предназначено долото.

Вторая цифра кода — тип вооружения долота (1 - 4). Каждая серия разделена на 4 типа в зависимости от твердости разбуриваемых пород. Тип I означает долота для бурения наиболее мягких пород в пределах серии, а тип 4 относится к наиболее твердым породам в пределах серии.

Третья цифра (1-7) характеризует конструкцию опоры и наличие (или отсутствие) твердосплавных вставок на калибрующих поверхностях шарошек.

- открытая (негерметизированная) опора.
- открытая опора для бурения с продувкой воздухом.
- открытая опора + твердосплавные вставки на калибрующих поверхностях шарошек.
- герметизированная опора на подшипниках качения.
- герметизированная опора на подшипниках качения + твердосплавные вставки на калибрующих поверхностях шарошек.
- герметизированная опора на подшипниках скольжения.
- герметизированная опора на подшипниках скольжения + твердосплавные вставки на калибрующих поверхностях шарошек.

Категории 8 и 9 — резервные, для возможного использования в будущем.

Четвертый буквенный символ кода — «дополнительные характеристики» (необязательная). 16 букв используются для обозначения специальных конструкций вооружения, опор, промывочных устройств и защиты корпусов долот.

Некоторые конструкции долот могут иметь более чем одну из дополнительных характеристик. В таких случаях указывается наиболее существенная из них.

А — долота для бурения с продувкой воздухом вместо промывки буровым раствором.

В — специальная конструкция уплотнений, допускающая, на пример, бурение с повышенной частотой вращения.

С — центральная насадка.

Д — специальная конструкция вооружения, минимизирующая отклонение ствола скважины.

Е — удлиненные насадки.

G — усиленная защита козырьков лап наплавкой или твердосплавными зубками.

H — долота для направленного или горизонтального бурения.

J — гидромониторные долота для бурения с набором кривизны.

L — калибрующие накладки на спинках лап, армированные твердосплавными зубками.

M — долота для бурения с забойными двигателями.

S — стандартные долота с фрезерованным вооружением.

T — двухшарошечные долота.

W — усовершенствованное вооружение.

X — зубки преимущественно клиновидной формы.

Y — зубки конической формы.

Z — другие формы зубков.

Примеры использования кода IADC124E — долото для бурения мягких пород с фрезерованным вооружением (12), герметизированной опорой на подшипниках качения (4) с удлиненными насадками (E).

437X — долото для бурения мягких пород с твердосплавным вооружением (43), герметизированной опорой на подшипниках скольжения с твердосплавными вставками на калибрующих поверхностях шарошек (7), с зубками клиновидной формы (X).

1.2 УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ И ПРИЧИНЫ ИЗНОСА

Буровые долота предназначены для разрушения горных пород и формирования ствола скважины. Основные технико-экономические показатели проводки скважины зависят от работоспособности, совершенства конструкции, соответствия разбуриваемым породам, качества и степени отработки долота.

Вряд ли можно найти более тяжелые условия работы оборудования и инструмента другого назначения, чем условия работы долот на забое

скважины.

Достаточно сказать, что шарошечные долота, имея диаметр 46-508 мм, работают при осевых нагрузках 2-40 кН, при частоте вращения от 0,7 до 20 с⁻¹ в абразивосодержащей среде, при значительной динамичности приложения нагрузки.

Высокая энергоемкость разрушения горных пород требует подведения к долоту большой (более 50 кВт) мощности. Реализация этой мощности происходит через небольшие контактные поверхности, что обуславливает высокую напряженность работы элементов долота. Так в работе опоры шарошечного долота одновременно участвует не более 25 % всех тел качения, поэтому контактные напряжения достигают в опорах качения 4000-5000 МПа, а в опорах скольжения — 30-40 МПа.

Экспериментальные исследования и опыт эксплуатации долот при бурении скважин свидетельствует о том, что основные энергетические параметры работы опор качения даже при низкооборотном режиме изменяются в следующих пределах:

Роликов – 0,25;

Шариков – 0,092;

беговых дорожек шарошки – 0,45;

беговых дорожек цапфы – 0,95;

v, м/с 0,2-1,2;

частота взаимодействия ролика с цапфой – 12-59 с⁻¹.

В отработанных долотах с открытой опорой износ беговых дорожек подшипника (в мм) составляет: роликовых — 1,5-5,5; шариковых — 0,3-1,6; скольжения — 0,07-0,6, что совпадает с установленной неравномерной загруженностью подшипников.

Температура среды на забое в некоторых районах достигает 473 К и выше. На контакте «зуб шарошки — горная порода» и в опорах возникают температурные вспышки до 1300 К и более. Экспериментальные данные,

полученные с помощью термоиндикаторов, показали, что температура нагрева роликов достигает 583-673К. Это может вызвать в долотных сталях температурные напряжения, которые будут способствовать зарождению первичных трещин и усталостных выкрашиваний.

Характерным для систем смазки опор считается дефицит смазки. Так для долота 215,9 мм объем пустот полости шарошки составляет 35-40 мм³. Если опора герметизирована, то этот объем следует считать замкнутым, и смазка в процессе работы долота будет подвергаться интенсивному нагреву. Поэтому при небольших глубинах скважин и тяжелых условиях работы смазка опор может быть малоэффективна. Кроме того, проведенными исследованиями показано, что в полости шарошек возникают пульсирующие давления вследствие осевого перемещения шарошек на цапфах. При этом уже при частоте вращения шарошек более 2 с⁻¹ давление может превосходить давление раскрытия уплотнения герметизированной опоры, что приводит к частичному выбросу смазки.

Смазка может вымываться из негерметизированных опор либо в процессе спуска долота в скважину, либо в начале его работы на забое, и опора, в основном, работает в среде абразивосодержащего бурового раствора. Процент абразива, как правило, не ниже 2, но может достигать 10-15 и даже 40 %. Кроме того, буровая промывочная жидкость почти всегда содержит разные химические реагенты, которыми она специально обрабатывается. При этом изменяется и ее щелочность (рН), которая для буровых растворов может быть от 6-7 до 14.

К этому следует добавить, что работа протекает при высокой динамичности и цикличности приложения нагрузки (коэффициент динамичности для шарошечных долот K_{Ξ} 1,3-1,5), а также при высоком всестороннем гидростатическом давлении, достигающем 6000-8000 МПа более. На долото подается также крутящий момент (до 2500 Нм), а буровая жидкость протекает через сопла в долоте со скоростью 50-100 м/с и более.

Тяжелые энергетические и гидродинамические условия работы, а

также конструктивные особенности определяют низкую стойкость и повышенный износ буровых долот. Срок службы долота от 20 ... 300 ч при низкооборотном бурении и до 5 ... 10 ч — при высокооборотном. Долото может эффективно работать только в том случае, если его тип, конструкция и режимы отработки соответствуют разбуриваемым породам. В то же время физико-механические свойства горных пород разнообразны, и это необходимо учитывать. Опытным путем установлено, что, если мягкие и средней твердости малоабразивные породы могут успешно разрушаться шарошками с фрезерованными зубьями, рабочие поверхности которых наплавлены зернистым литым твердым сплавом, то для абразивных, и особенно крепких, пород более эффективно применять шарошки с твердосплавным (штыревым) вооружением. Универсальных долот нет и быть не может. Многообразие физико-механических свойств горных пород, а также использование высокооборотного (турбобур, электробур) и низкооборотного (ротатор; винтовые, редукторные турбобуры) бурения требуют создания долот различных конструкций и типоразмеров.

Независимо от конструкции и типоразмера долот к ним предъявляют высокие требования: высокая надежность, производительность, способность реализовывать подводимые к забою мощность и крутящий момент в зависимости от физико-механических свойств разбуриваемых пород и прочности бурильной колонны.

1.3 ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

Шарошечные долота теряют работоспособность по причине износа их вооружения или опор. Могут быть аварийные выходы долот из строя вследствие выкрашивания твердого сплава или заклинивания опор. В первом случае это свидетельствует о некачественной пайке твердого сплава, во втором — о засорении продувочных отверстий, заводских дефектах подшипников или высоких осевых усилиях. Кроме того, преждевременный

выход *ИВ* строя вооружения долот может свидетельствовать о несоответствии типа долота буримым породам.

Данные, полученные при бурении взрывных скважин, показывают, что стойкость шарошечных долот зависит от выбора типа долота, режима бурения и качества выпускаемых долот.

Большая работа в области улучшения качества долот проделана ВНИИБТ, Гипроникелем, Куйбышевским, Верхне-Сергинским, Дрогобычским и другими долотными заводами. В результате этих работ средняя стойкость долот увеличилась на 25-50 % и в крепких породах составляет 150—300 м.

Стойкость долот принято выражать двумя показателями: стойкостью по вооружению и стойкостью по опорам.

На стойкость по вооружению оказывают влияние как прочностные свойства (агрегатная твердость, крепость), так и абразивность буримых пород.

У зубчатых долот в основном разрушаются периферийные венцы шарошек от пластических деформаций, выколов и абразивного износа.

Вооружение в этих долотах довольно быстро выходит из строя, особенно вершины шарошек и периферийные венцы, работающие в наиболее трудных условиях. Средние венцы шарошек работают в более благоприятных условиях и поэтому изнашиваются в меньшей степени, хотя и на них имеются сколы металла, обусловленные некоторыми факторами изготовления долот с фрезерованным вооружением.

Для получения большей твердости и, следовательно, износостойкости металла зубьев шарошки подвергаются цементации на глубину 1,5—1,8 мм. При этом при небольших величинах притупления зубьев происходит их сплошное прокаливание и вершины зубьев становятся весьма хрупкими.

Стойкость штыревых долот в значительной степени определяется качеством запрессовки штырей. При слабой запрессовке штыри выпадают на

забой, разрушают долото и приводят к выходу его из строя. Если штыри запрессованы очень туго, то остаточные напряжения в комплекте с динамическими нагрузками, возникающими при разрушении забоя, приводят к поломкам штырей и резкому снижению производительности долота.

Комбинированные шарошечные долота содержат в себе элементы зубчатых и штыревых долот. Вследствие различной износостойкости штырей и легированных зубьев последние разрушаются значительно быстрее. После этого вся нагрузка ложится на оставшуюся часть штырей, долото начинает работать с большими вибрациями и часто выходит из строя из-за динамических перегрузок. Все же следует отметить, что, несмотря на это комбинированные долота в диапазоне пород с $f=74-14$ оказались значительно более стойкими, чем зубчатые и даже штыревые. Это подтверждается и исследованиями НИИОГРа.

Анализ износа вооружения штыревых долот показывает, что срабатываются твердосплавные зубки, образующие забой, калибрующие скважину зубки изнашиваются незначительно. Интенсивный износ вооружения обычно наблюдается в крепких абразивных породах. При этом причиной выхода из строя вооружения является не только абразивный износ, но и скол зубков. В результате износа зубков происходит постепенное уменьшение контактной нагрузки на породу забоя и снижение механической скорости бурения.

При бурении в крепких породах наряду с износостойкостью зубки вооружения должны обладать достаточной вязкостью, так как они работают при больших изгибающих и ударных нагрузках. Этим требованиям в большей степени соответствует твердый сплав ВК-15, который более пластичен, чем сплав ВК-8В.

В ряде случаев отработанные серийные долота имеют спинки и козырьки лап, изношенные до обнажения тел качения периферийных подшипников. Одной из причин этого является недостаточная производительность компрессоров буровых станков. Иногда изнашиваются

до обнажения опор вершины шарошек, которые работают в весьма тяжелых условиях, особенно при бурении крепких и абразивных пород.

Анализ отработки шарошечных долот на горных предприятиях показывает, что до 80 % общего количества изготавливаемых в СССР шарошечных долот выходят из строя в результате износа их опор, т. е. стойкость шарошечных долот в настоящее время определяется главным образом стойкостью их опор.

На стойкость шарошечных долот по опорам, которая значительно ниже нормальной долговечности подшипников, большое влияние оказывают абразивные свойства разрушаемых горных пород. Основной причиной выхода долот из строя по этому показателю является проникновение породной мелочи через зазор между шарошкой и лапой в полость подшипников. Если в подшипник попадает малоабразивная пыль, то, проникая между дорожками на цапфе в шарошке и телами качения, она поглощает смазку и спрессовывается. Затем начинаются нагрев и заклинивание шарошки. Заклиненные шарошки быстро изнашиваются вследствие истирания о забой. Самое качественное долото выходит из строя в крепких породах через 10—15 м после забивания опор шарошек буровой мелочью.

Если же пыль, попадающая в подшипник, абразивная, то она интенсивно изнашивает дорожки на шарошке и цапфе и тела качения. В этом случае заклинивание шарошек на цапфе, как правило, не происходит, а долото выходит из строя из-за износа подшипников и нарушения вследствие этого нормального режима бурения.

Испытания показали, что стойкость долот, имеющих опоры по схеме ролик — шарик — ролик, больше, чем долот с опорами по схеме шарик — шарик — ролик. В крепких породах опоры шарик — шарик — ролик разрушаются быстрее, но с возрастанием частоты вращения долота (при бурении пород средней, крепости и ниже) они приобретают большую устойчивость. (Анализ износа поверхностей опор показывает, что опорные

поверхности (дорожки) цапф изнашиваются больше, чем опорные, поверхности шарошки. Это объясняется тем, что, вращаясь, все участки опорной поверхности шарошки вступают в контакт В цапфой последовательно. Особенностью работы опорных поверхностей цапф является их одностороннее нагружение.

Перекашивание шарошки и возникающее в связи с этим неравномерное распределение нагрузки также отражаются на работе опор. В результате перекашивания только часть дорожек цапфы участвует в работе, да и та загружена лишь в зоне буртов, т. е. центры контактных поверхностей тел качения отклоняются от центра рабочих поверхностей беговых дорожек. Это приводит к образованию сравнительно высоких удельных давлений на контактных поверхностях, интенсивному их изнашиванию, а также не позволяет эффективно использовать рабочую поверхность беговых дорожек.

Основными видами износа опорных поверхностей цапфы являются выкрашивание и сколы, осповидный и абразивный износы. Во всех случаях выкрашиванию и сколу предшествует возникновение мелких трещин, расположенных в зоне максимальных контактных нагрузок. Большинство трещин располагается почти перпендикулярно к направлению движения опорных элементов.

По мере износа опоры шарошка, перекашиваясь, образует телами качения на цапфе новые беговые дорожки. При этом начинают срабатываться участки буртов подшипников. Абразивным износ во всех случаях сопутствует другим видам износа. На опорные поверхности цапф и шарошек также воздействуют частицы выбуренной породы. Этот вид износа прослеживается в виде царапин и рисок.

Основными причинами осповидного износа являются контактные напряжения сжатия и сдвига, возникающие под действием передаваемого усилия при одновременном качении с проскальзыванием Износ тел качения (шариков и роликов) определяется конструктивными особенностями долот.

В ряде случаев изношенные тела качения не теряют своей формы и имеют относительно гладкую поверхность.

В случаях больших нагрузок на опоры тела качения имеют "°" всей поверхности небольшие выкрашивания и вмятины, рассуженные хаотично, осповидный износ в виде узких полос, вменение формы, раскалывание и выкрашивание шариков и Роликов — результат высоких контактных напряжений и зажима. Появление расколотых тел качения способствует перегрузке оставшихся целых и ускоряет их износ и раскалывание, что приводит в конечном итоге к заклиниванию шарошки на цапфе. Опыт эксплуатации шарошечных долот на горных предприятиях свидетельствует об отсутствии стабильности в показателях работы отдельных однотипных долот, отработанных в одних и тех же условиях.

Долота, вышедшие из строя из-за износа вооружения шарошек, имеют колебания по величине проходки на долото от 2 до 5 раз. При этом, как правило, изнашиваются все три шарошки, будь то износ их вершин при бурении в абразивных горных породах или износ фрезерованных зубьев, или твердосплавных резцов долота о породу. Когда долота заменяют вследствие износа элементов опоры шарошек, колебания их по стойкости значительно выше (в 10 раз и более).

Поскольку было установлено, что ни внешние условия, ни конструкция долота не являются основной причиной неравномерного преждевременного износа, можно предположить, что этой причиной является качество изготовления долота.

Резкое снижение эксплуатационной стойкости по отношению к стойкости, полученной при промышленных испытаниях, свидетельствует о нарушении технологии обработки долот. Поэтому необходимо выявить и устранить причину снижения эксплуатационной стойкости.

В ряде случаев крепление твердосплавных резцов (штырей) производится их заплавкой латунью. В процессе термообработки нагретую шарошку со вставными резцами погружают в латунную ванну, а затем

охлаждают в масле. Такая технология приводит к ненадежному креплению и выпадению резцов в процессе бурения, а значит, к засорению забоя твердым, сплавом.

Попытка обваривать резцы с помощью газа или электросварки приводит к образованию микротрещин в резцах и нарушению структуры металла поверхности шарошки, что также отрицательно влияет на работоспособность долота.

Более надежной является холодная запрессовка в калиброванные отверстия в корпусе шарошки шлифованных твердосплавных резцов.

В шарошечном бурении на открытых разработках имеются резервы для рационализации и повышения стойкости долот. Наблюдения за обработкой шарошечных долот на значительном числе горных предприятий показало, что до 30—40 % штыревых долот недорабатывается.

Следует учесть, что скол и выпадение части твердосплавных резцов шарошек в количестве до 20 % не могут явиться причиной прекращения использования долота, так как при работоспособных опорах шарошек механическая скорость бурения штыревыми долотами снижается незначительно.

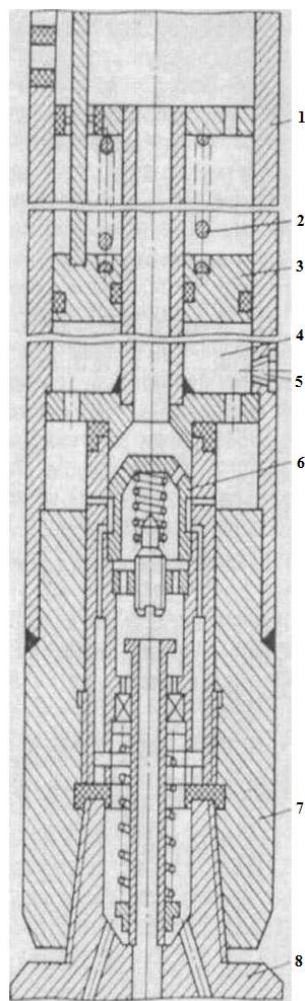
Признаками полного износа штыревого долота при его наружном осмотре являются: полный износ вооружения шарошек, выпадение резцов ДО* 40 %, скол зубков — до 70—100 %; износ вершин шарошек, спинок и козырьков лап долот до обнажения тел качения; значительные люфты в опорах шарошек (до 3—6 мм в зависимости от размера долота и конструкции опор шарошек); характерные плоские площадки (лыски) на шарошках вследствие заклинивания их опор.

Заслуживают внимания мероприятия, которые позволяют продлить срок службы и повысить стойкость серийных долот. Так, передовиками производства разреза «Коркинский» ПО Челябинскуголь через 30—50 м проходки производится промывка долота смесью солярового и машинного масел. Соляровое масло разрушает частицы минеральной пыли, попавшие в

подшипник, а машинное является легкой смазкой, действующей относительно короткое время между промывками. Это мероприятие позволило повысить стойкость серийных шарошечных долот на 40—60 %.

Применение обратных клапанов в долотах позволяет Увеличить объем проходки на Долото от 30—50 % до 2—2,5 раз.

Все более широкое применение находит способ смазки подшипников опор шарошечных долот с помощью наддолотных лубрикаторов (рисунок 6).



1 - штанга; 2 - пружина; 3 - поршень;
4 - резервуар; 5 - заправочное
отверстие; 6 - устройство для подачи
с мазки; 7 - переходник; 8 - долото.

Рисунок 6 - Лубрикатор с механическим дозатором МГИ-ДФД

Применение этих лубрикаторов на ряде кадров позволило увеличить среднюю стойкость долот более чем 1,6 раза.

С увеличением частоты вращения резко возрастают вибрации бурового става и всего оборудования станка. Работа станков в режиме повышенной вибрации приводит к увеличению поломок основных узлов и резкому уменьшению проходки на долото, что значительно увеличивает

стоимость бурения и снижает производительность станков. Эффективным средством снижения вибраций являются забойные амортизаторы, устанавливаемые между долотом и буровым ставом. Применение амортизаторов снижает уровень вибрации в 2 — 2,5 раза. При бурении с амортизатором наблюдается рост скорости бурения на 15- 47 %. Работоспособность долот возрастает на 19 — 40 %. Применение амортизаторов позволяет успешно эксплуатировать станок на повышенных режимах бурения.

Соблюдение правил эксплуатации долот всеми машинистами буровых станков, несомненно, приведет к значительному повышению производительности и снижению стоимости буровых работ,

На каждом предприятии необходимо также наладить действенный учет и анализ результатов отработки шарошечных долот. Это позволит не только подобрать для каждого предприятия и отдельных участков месторождения полезных ископаемых, разрабатываемого данным предприятием, наиболее эффективные типы и конструкции шарошечных долот, но и вскрыть дополнительные резервы повышения производительности и экономичности буровых работ.

Шарошечные долота должны храниться на складе под навесом. Хранение долот на открытых площадках во избежание коррозии их деталей и узлов не должно допускаться. При бестарном хранении долот их присоединительная резьба должна быть предохранена от механических повреждений специальными колпачками или другими средствами.

Во избежание поломок деталей долот, появления в них дефектов, их засорения и загрязнения запрещается сбрасывать долота на металлические или твердые предметы и транспортировать их к буровому станку волоком.

Перед началом бурения машинист бурового станка обязан убедиться в отсутствии внешних пороков (трещин и изломов в деталях долота, трещин в сварных швах, смятия резьбы), проверить, не забиты ли грязью или посторонними предметами продувочные каналы в корпусе и лапах долот,

свободно и плавно ли вращаются на своих опорах шарошки, не зацепляются ли друг за друга резцы шарошек.

В случае заедания шарошек их опоры должны быть промыты керосином или дизельным топливом. Шарошки на своих опорах должны свободно и плавно вращаться от руки. При обнаружении в долоте пороков, ликвидировать которые машинист бурового станка не в состоянии, долото следует отправить в механическую мастерскую для их устранения (исправления резьбы, расхаживания шарошек вращением) или на склад для предъявления претензий заводу-изготовителю.

Перед навинчиванием долота необходимо тщательно очистить и смазать резьбу. Навинчивание долота должно производиться с помощью специального ключа бурового станка до полного закрепления резьбового соединения. При навинчивании " спуске долота в скважину следует избегать ударов, которые могут привести к образованию в процессе бурения трещин и поломок долота и его деталей.

Каждое новое долото перед началом бурения должно быть приработано в течение 10 — 15 мин при уменьшенных до 10 — 15 % от рекомендуемых осевых нагрузок.

Бурение следует начинать при вращении долота с плавного увеличения осевой нагрузки и с последующим увеличением ее до оптимальной для конкретных групп горных пород и типоразмеров шарошечных долот. В процессе бурения подача долота на забой должна быть равномерной, без скачков и перегрузок, так как последние могут привести к поломкам деталей и долота в целом и преждевременному выходу долота из строя.

Забуривание скважины без подачи продувочного агента категорически запрещается.

При бурении одним долотом нескольких скважин после окончания каждой из них следует тщательно осмотреть долото. Следует при этом учесть, что часто у поднятого из скважины долота шарошки не вращаются

вследствие попадания в полости их опор шлама. В этом случае шарошки следует промыть и раскрутить.

После бурения каждой скважины опоры шарошек рекомендуется промыть дизельным топливом и смазать жидким смазочным материалом.

До недавнего времени шарошечные долота считались породоразрушающим инструментом одноразового пользования. Таковым они остаются практически и сейчас. В то же время причины выхода из строя долот свидетельствуют о возможности повторного использования их после восстановления, что приводит к снижению расхода дорогостоящих шарошечных долот,, особенно с твердосплавным вооружением.

Накопленный в этой области отечественный и зарубежный опыт показывает практическую целесообразность его обобщения и широкого распространения. На ряде крупных горнодобывающих предприятия СССР производятся ремонт и восстановление вышедших из строя шарошечных долот по причине заклинивания подшипников. Это основано на следующем.

В аварийном состоянии, как правило, оказывается одна пора, а остальные две опоры трехшарошечного долота остается вполне работоспособными.

При заклинивании подшипников в начальной стадии аварии дорожки опоры и шарошки повреждаются незначительно и могут быть относительно легко восстановлены.

Вооружение штыревых долот даже заклиненной шарошки в 80% случаев сохраняется работоспособным.

Из преждевременно вышедших из строя долот отбирают те, у которых заклинены одна или две шарошки, а остальные имеют работоспособные опоры и вооружение. Так как каждое трехшарошечное долото собирается из секций (лап), на цапфах которых смонтированы шарошки, разные по конструкции, то для реставрации отработанные долота подбирают так, чтобы из двух или трех долот можно было собрать реставрированное долото с полным комплектом работоспособных и по вооружению, и по опоре

шарошек. Технология реставрации заключается в следующем. Долота предварительно промывают в керосине и очищают. Затем на стропальном станке по сварному шву между лапами долота разрезаются на секции. Неработоспособные секции отбраковывают, а работоспособные собирают с помощью специальных хомутов (шаблонов). У собранных таким образом долот устраняют разновысотность шарошек и биение их относительно оси резьбы. Сварка секций производится электродами Э-42А при непрерывном охлаждении долота проточной водой, затем нарезают замковую коническую резьбу. Последней операцией является заполнение полости опор шарошек консистентной смазкой шприцеванием через каналы в лапах.

Опыт показал, что за 7-часовую рабочую смену в условиях рудничных механических мастерских трое рабочих могут реставрировать 5—6 долот. Стоимость восстановления долота составляет 8—9 руб.

С целью снижения затрат на бурение 1 м скважины в США широко применяется восстановление шарошечных долот, причем реставрированные долота используются при бурении взрывных скважин. Так, фирмой «Хьюз Тул К» в трех районах США (два — в штате Техас, один — в штате Нью-Мексико и Юго-Восток Нью-Мехико), где выход из строя дорогостоящих штыревых долот (штыревое долото диаметром 222,3 мм в США стоит 1940 долл.) был обусловлен износом и заклиниванием элементов опор шарошек, путем замены лап долот и тел качения было восстановлено 84 % штыревых долот, причем в ряде случаев долота подвергались восстановлению несколько раз.

Фирма «Вулкан Материале» (США) проводит работы на карьерах по внедрению специальной смазки, непрерывно подаваемой в опоры долота из масленки, установленной на станке. Такая технология отработки долот обеспечила возможность восстановления изношенных долот.

Было установлено, что каждое отработанное долото можно реставрировать, а некоторые даже многократно. При бурении в известняках, окварцованных сланцах и сланцах протяженность проводимых выработок на

долото диаметром 171,5 мм изменялась от 2011 до 2834 м (в среднем 2160 м), а при 3-кратной реставрации — до 5852 м. Использование 37 реставрированных долот из 44 отработанных дало увеличение прибыли в 9 раз, а стоимость восстановленных долот составила менее половины стоимости новых.

При 50 — 60 %-ном уровне восстановления штыревых долот, применяемых в горной промышленности, можно получить годовой экономический эффект в размере более 2 млн. руб. (ПРИ годовом расходе около 50 тыс. шт.).

Сложные условия работы шарошечных долот приводят к интенсивному изнашиванию их элементов — вооружения опоры, системы промывочных устройств, потере диаметра и т. д.

Наблюдения за работой и изнашиванием элементов шарошечных долот в промысловых и стендовых условиях позволили создать систему классификации износа долот, с помощью которой удалось классифицировать отработанные долота по их износу при работе в различных геолого-технических условиях.

Разработанные системы классификации явились основой для анализа причин выхода из строя шарошечных долот и оказались незаменимым материалом для научных исследований и конструкторских разработок при совершенствовании породоразрушающего инструмента.

В данном трансляторе приведена классификация износа долот, принятая в СНГ и система классификации по IADC, принятая почти всеми иностранными производителями долот. Обе системы практически идентичны и отражают подавляющее большинство видов и аспектов изнашивания долот, отработанных при бурении глубоких нефтяных и газовых скважин.

Код для краткой записи состояния и износа шарошечных долот, принятый в СНГ.

Износ вооружения (индекс «В») — обозначается в процентах (0-100 %) после индекса «В». При этом для фрезерованных зубьев этот процент

означает среднюю степень износа по высоте, а для твердосплавных зубков — долю выпавших зубков от общего их количества на всех шарошках долота.

При наличии скола фрезерованных зубьев или твердосплавных зубков к характеристике износа вооружения добавляется индекс «С». Общее количество (в процентах) сколотых фрезерованных зубьев или твердосплавных зубков записывается в скобках после индекса «С».

Пример:

ВОС(О)— отсутствие износа (т.е. $V\% + C\% = 0$)

ВЮОС(О) В50С(50) ВОС(100)

ВЮОС(О)— полный износ фрезерованного вооружения (износ фрезерованных зубьев на всю высоту) полный износ твердосплавного вооружения (скол, \ — в том числе и выпадение всех твердосплавных зубков, т.е. $V\% + C\% = 100\%$). Например, для долота с твердосплавным вооружением шарошек (при общем количестве зубков 120 шт.), имеющего 36 сколотых и 6 выпавших зубков, будем иметь следующую характеристику по коду: В5С(30), т.е. общий износ по вооружению составляет 35 %.

При закруглении зубьев периферийных венцов к характеристике состояния вооружения добавляется индекс Р.

При зацеплении зубьев шарошек к характеристике состояния вооружения шарошек добавляется индекс Ц. Например, В5С(30)Ц.

Износ опоры (хотя бы одной шарошки). Обозначается индексом П и цифрами 0, 1, 2, 3, 4 после него, характеризующими соответственно: отсутствие износа, небольшой, средний, большой (предельный) уровни износа и «отказ» (разрушение) опоры.

ПО — отсутствие износа.

П1 — уровень износа небольшой: «качка» торца шарошки относительно оси цапфы невелика (например, для долот диаметром 139,7 ... 244,5 мм — до 2 мм; диаметром 269,9 ... 490,0 мм — до 3 мм). Тела качения не обнажены, козырьки лап не изношены.

П2 — уровень износа средний: «качка» торца шарошки большая (например, для долот диаметром 139,7 ... 244,5 мм — до 4 мм, диаметром 269,9 ... 490,0 мм — до 5 мм). Тела качения не обнажены, козырьки лап не изношены.

П3 — уровень износа большой (предельное состояние): «качка» торца шарошки значительная (например, для долот диаметром 139,7 ... 244,5 мм — более 5 мм, диаметром 269,9 ... 490,0 мм — более 6-8 мм), значительный износ или разрушение части тел качения; имеется опасность их выпадения; «заедание» шарошки при вращении от руки, козырьки лап изношены, нарушена герметизация опор в долотах ГНУ и ГАУ. П4 — «отказ» (разрушение) опор: разрушение и поворот роликов; износ и разрушение шариков, козырьков лап и калибрующей части шарошек с выпадением тел качения; наличие трещин и «лысок» на шарошках, заклинивание шарошек.

В случае заклинивания шарошек к характеристике износа опор добавляется индекс «К», количество заклиненных шарошек указывается в скобках. Например: П4К(1).

В случае повреждения узла герметизации маслonaполненной опоры (выход из строя уплотнения или его износ и разрушение) к характеристике состояния опор добавляется индекс «У», количество поврежденных узлов указывается в скобках.

Например: У(2).

В случае повреждения гидромониторного узла (размыв гнезда, выпадение насадок) добавляется индекс «Г», количество поврежденных узлов указывается в скобках. Например: Г(3).

Аварийный износ

Ав — поломка и «оставление» вершин шарошек на забое;

Аш — поломка и «оставление» шарошек на забое;

Ас — поломка и «оставление» секций на забое;

Ац — поломка и «оставление» цапфы с шарошкой на забое.

Количество «оставленных» в скважинах лап, шарошек и их вершин указывается римскими цифрами, соответствующими номерам шарошек путем их перечисления в скобках, например: Ав(1), АШ(П), АЦ(Ш).

Износ по диаметру. Уменьшение диаметра долота обозначается индексом «Д» и выражается в миллиметрах, например: Д6.

Примеры применения кода для оценки износа долот

Фрезерованное вооружение «сработано» на 10 % по высоте зубьев, одна опора имеет средний износ, две другие шарошки «заклинены», диаметр долота сохранился — В10П4К(2)Д0.

Фрезерованное вооружение изношено на 70 % по высоте зубьев, 20 % зубьев имеют сколы, калибрующие кромки зубьев периферийных венцов закруглены, опоры имеют большой износ («качка» торца шарошек 10 мм), диаметр долота уменьшился на 7 мм — В20С(20)РПЗД7.

Твердосплавное вооружение «сработано» полностью (скол всех зубков), опора разрушена (часть тел качения выпала), первая шарошка «оставлена» на забое — В0С(100)П4 Аш(1).

В скважине оставлены все шарошки — Аш(1,П,Ш).

Примеры записи износа долот с помощью кода в буровом журнале и суточном рапорте:

Ш 269,9С-ГНУ № 8639 — В20С(30)РПЭД6Г(2)У(3)

Ш 190,5С-ГВ № 1642 — В10П4К(1)Ав(1)Д0 Ш 215,9МЗ-ГАУ № 256 — В90С(10)П0Д0 Ш 215,9ТЗ-ГАУ № 134 — В20ПЗД0 Классификация износа долот по IADC.

1.4 ИЗНАШИВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖУЩЕ-ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

При определении износа режущих и шарошечных элементов долот подобной конструкции необходимо учитывать перераспределение действующего на долото осевого усилия.

Исследования по сравнению силовых и энергетических показателей процесса разрушения горных пород острым резцовым и шарошечным инструментом, проведенные в КНИУИ, показали, что при разрушении резцовым инструментом усилие внедрения меньше в 15—20 раз.

Полагая, что резцовый инструмент требует в k раз меньше» усилие подачи, чем шарошечный, определим часть осевого усилия Q , приходящуюся на режущую часть долота (QP):

$$Q_p = \frac{Q_{n \cdot r}}{R_{k \cdot R}} \quad (1)$$

где R -диаметр скважины;

r -диаметр опережающей скважины, разрушаемой режущей частью долота;

n — число лезвий режущей части долота.

Для ориентировочных расчетов можно принимать $k = 15-20$. На шарошечную часть долота будет приходиться остальная часть усилия:

$$Q_{ш} = Q - Q_p = Q \cdot ((kR - rn)/kR) \quad (2)$$

При бурении пород сложного строения целесообразно применение режуще-шарошечных долот, которые позволяют пробуривать мягкие породы режущим, а крепкие — шарошечными породоразрушающими органами (долота 1РШД-215.9 и К-РШД-214 и др.). Осуществление поочередной обработки забоя, в этом случае обеспечивается не жесткостью связи между режущим и шарошечным органами, которая обеспечивается в большинстве случаев пружиной, сжатие которой регулируется в соответствии с условиями бурения.

На мягких породах разрушение забоя обеспечивается выступающей режущей частью, а при увеличении крепости породы в работу вступают шарошки и имеет место совместная обработка забоя шарошками и режущей коронкой. При этом доля участия режущей части (коронки) в разрушении забоя уменьшается по мере увеличения крепости породы.

При совместной обработке забоя режущей и шарошечной частями РШД создаются благоприятные условия для разрушений породы. С увеличением осевого усилия, действующего на долото, усилие, воспринимаемое режущей частью, снижается. Лишь при $f=13$ начинает наблюдаться рост осевого усилия и на режущем органе, что определяет границу области применения РШД.

При бурении пород с $f>10$ режущий орган долот практически не участвует в разрушении забоя, однако остается прижатым к нему и подвергается интенсивному износу и нагреву. При этом для сжатия пружины приходится создавать дополнительное усилие. Поэтому уменьшение износа режущих лопастей чрезвычайно важно.

Наиболее простым решением этого вопроса является применение долот, у которых режущие лопасти выполнены ступенчатыми (например, описанное выше долото РШДС). При работе такого исполнительного органа с забоем контактирует только центральный участок режущей лопасти, износ которого незначителен.

Иркутским политехническим институтом разработано режуще-шарошечное долото с устройством для разгрузки режущего органа. В этом долоте на крепких породах, когда осевое усилие превышает силу предварительного сжатия вспомогательной пружины, происходит смещение ниппеля и нажимной трубки вниз, и двуплечий рычаг-вилка, воздействуя на стакан, сжимает рабочую пружину и смещает режущую коронку вверх, выводя ее из контакта с забоем.

Для повышения стойкости шарошечного органа РШД ИЛИ разработана система консистентной смазки опор шарошек (рис. 4.3). Она включает в себя резервуар для смазки, плунжеры и каналы для подачи смазки. Резервуар выполнен в виде гайки, навинчиваемой на долото, в полостях которой установлены два подпружиненных плунжера, обеспечивающие подачу смазки к опорам шарошек через шариковые клапаны. Плунжеры через стакан опираются на режущую коронку, которая,

совершая перемещение в осевом направлении, воздействует на плунжеры, подающие к опорам шарошек очередную порцию смазки. При выдвигании режущей коронки плунжеры возвращаются в исходное положение под действием пружин.

Привод плунжеров от режущей коронки обеспечивает надежную подачу смазки к опорам. Причем порция смазки подается к опорам шарошек при утапливании коронки, т. е. тогда, когда шарошки вступают в работу. Поскольку число плунжеров равно числу шарошек и они подают одинаковое количество смазки, то все опоры находятся в равных условиях.

Испытания долота 2РШД-215.9 подтвердили работоспособность описанной системы смазки и ее эффективность.

1.5 МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ИЗНОСОМ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Для снижения износа в машиностроении применяется большое количество различных методов обработки поверхностных слоев металла. К ним относятся: цементация, азотирование, цианирование, газовое хромирование, электролитическое хромирование, закалка токами высокой частоты, обдувка дробью и др.

Для изготовления ответственных деталей применяют высоколегированные стали и твердые сплавы. С целью уменьшения трения и износа используют различные системы смазки и смазывающие материалы.

В долотном производстве поверхностное упрочнение цапф лап и шарошек производится методом цементации и наплавки зубьев шарошек твердым сплавом релитом, используются высоколегированные никельмолибденовые и хромоникельмолибденовые стали, твердые сплавы для зубков шарошек.

Многочисленные наблюдения характера износа разных деталей машин и механизмов при различных внешних воздействиях (скорость, удельное давление) и среды, в которой работают сопряженные пары (жидкой, газовой), показывают, что развитие видов износа связано с исходными

механическими, теплофизическими и химическими свойствами материалов и с изменением этих свойств в процессах трения и износа.

Поэтому при выборе материалов для изготовления любых деталей машин, особенно деталей бурового долота, необходимо прежде всего исследовать:

1) механические свойства металлов (предел текучести, предел прочности, твердость, ударную вязкость, пластичность, усталостную прочность);

2) теплоустойчивость металла:

а) степень химического средства металла с кислородом. Теплоустойчивостью металла называют способность металла сохранять механические свойства при высоких температурах.

Внешние механические воздействия оказывают большое влияние на изменение скорости процессов, возникающих на поверхности трения. Это вызывается прежде всего изменением температуры поверхностей трения, зависящих от величины скорости скольжения и удельного давления. Температура определяет в зоне трения основные параметры адсорбционных и диффузионных явлений и изменение структуры и свойств поверхностных слоев трущихся сопряженных элементов.

Изменение скорости скольжения и удельного давления связано также с изменением скорости, величины и интенсивности деформации металла поверхностных слоев и времени контакта трущихся поверхностей.

В зависимости от того, работают детали при трении скольжения или при трении качения, резко меняется характер пластической деформации тонких поверхностных слоев трущихся металлов, что приводит к изменению процессов, происходящих в поверхностных слоях, и к различным видам износа.

При трении качения напряженное состояние поверхностных слоев и возникающие пластические деформации приводят к упрочнению металлов,

образованию остаточных напряжений и к явлениям усталости, вызывающим усталостное (оспovidное) разрушение поверхностей.

При трении скольжения, в зависимости от величины и характера напряжений и температуры в зоне трения, возникают пластические деформации, способствующие развитию явлений схватывания или процессов окисления. Скорость относительного перемещения оказывает большое влияние на изменение скоростей процессов, а удельное давление при трении влияет на количественные характеристики физических процессов, происходящих при трении в поверхностных слоях металлов.

Существуют критические скорости и удельные давления, обуславливающие переходы от одних видов износа к другим.

Одной из важнейших механических характеристик, влияющих на процессы, возникающие при трении, является предел текучести материала. Увеличение a , материала и сохранение удельного давления резко снижают при трении скольжения — скорость схватывания, а при трении качения — скорость усталостных процессов.

Из трех групп факторов, влияющих на износ трущихся деталей (внешнее механическое воздействие, среда и материал), управлять можно выбором материала и воздействием среды.

Влияние внешней среды к основному регулируется применением различных смазочных материалов и присадок. Наиболее эффективно в борьбе с износом трущихся деталей машин применение различных металлов, материалов II сплавов и методов их механической и химико-термической обработки.

На практике при борьбе со схватыванием 1-го рода используются следующие обработки, уменьшающие пластичность трущихся поверхностей: термическая обработка (закалка, отпуск), увеличивающая твердость, предел текучести, предел прочности материала; химико-термическая обработка (цементация, азотирование, диффузионное хромирование), при которой повышаются ПБ, a_b , σ_s и изменяется химический состав поверхностных

слоев, что снижает возможность схватывания; механическое упрочнение (накатка, раскатка роликами, обдувка дробью и др.); нанесение на поверхность нового слоя с иными свойствами (армирование, гальваническое покрытие и др.).

Кроме того, применяют процессы химического травления, фосфатирования, сульфидирования и др.

Эти обработки направлены на ускорение химических процессов на поверхности трения и создание пленок окислов.

Устранение теплового износа на практике связано с увеличением теплоустойчивости трущихся металлов путем легирования их редкими металлами, вольфрамом, ванадием, титаном и другими в сочетании со специальной термической обработкой.

Увеличение теплоустойчивости достигается применением твердых и металло-керамических сплавов, содержащих теплоустойчивые карбиды вольфрама, ванадия, титана, с использованием в качестве связки кобальта.

Сопротивление материалов абразивному износу зависит в основном от их твердости, предела прочности и вязкости. В соответствии с этим наиболее эффективными мерами по борьбе с абразивным износом являются придание поверхности трения наибольшей сопротивляемости действию абразивных частиц путем применения специальных сталей, сплавов и методов их химико-термической обработки, а также армирование поверхностных слоев (например, армирование зубьев шарошек и применение твердосплавных зубков).

Для устранения усталостного износа необходимо применять легированные, термически обработанные стали и нагрузки, не превышающие при трении качения предела текучести поверхностных слоев металла.

1.6 ПРИЧИНЫ И АНАЛИЗ ИЗНОСА ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

Среди причин износа шарошечных долот, выделяют следующие:

1. Слом зубков(рисунок 7).

Слом зубков на шарошках заподлицо.

Причины:

- слишком высокие обороты вращателя;
- трещиноватые, разрушенные породы во время бурения или забуривания скважины;
- неправильный выбор долота;
- перемежаемость пород с включением очень крепких пород.

Рекомендации:

- уменьшите обороты вращателя;
- бурите интервалы с включением очень крепких пород с уменьшенной нагрузкой и оборотами вращателя;
- выберите долото с параметрами вооружения соответствующими условиям бурения.



Рисунок 7 - Слом Зубков

2. Скол зубков(рисунок 8)

Твердосплавные зубки имеют сколы.

Причины:

- слишком высокая нагрузка на долото;

- трещиноватые разрушенные породы во время бурения или забурирования скважины;

- неправильный выбор сорта твердосплавных зубков;
- взаимозацепление шарошек.

Рекомендации:

- проанализируйте условия бурения, нагрузку на долото;
- уменьшите нагрузку на долото и плавно уменьшайте обороты вращателя;
- подберите долото с зубками из более износостойкого твердого сплава.



Рисунок 8 - Скол Зубков

3. Выпадение зубцов (рисунок 9)

Выпадение твёрдосплавных зубков из тела шарошки.

Причины:

- наличие металла на забое скважины; эрозия матрицы шарошки;
- наличие трещин в шарошке, как следствие ослабления натяга зубков;
- превышение рекомендуемых нагрузок на долото;
- сложные условия бурения.

Рекомендации:

- снизьте нагрузку на долото или обороты вращателя (вариант - оба действия в комплексе);

- подберите долото с характеристиками более подходящими к данным условиям бурения.

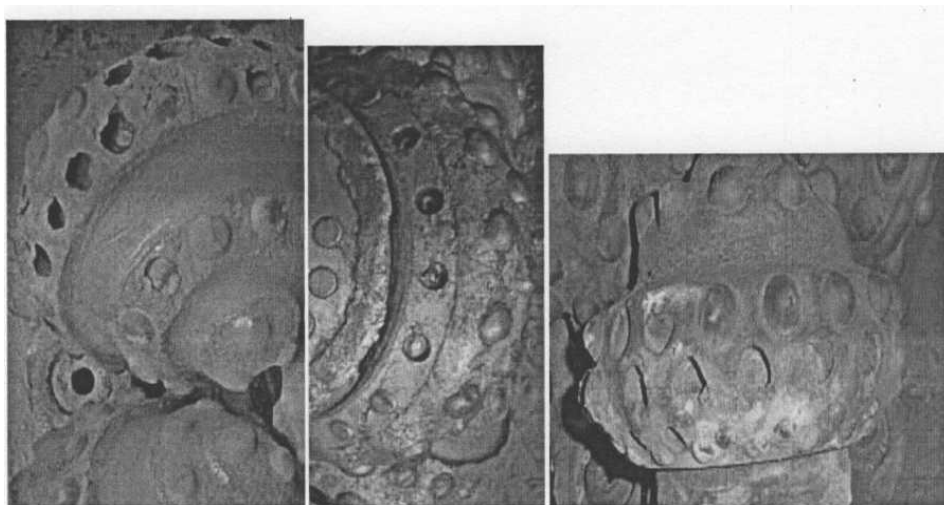


Рисунок 9 - Впадение зубков.

4. Скол зубков частичный (рисунок 10)

Твердосплавные зубки имеют сколы.

Причины:

- слишком высокая нагрузка на долото;
- трещиноватые разрушенные породы во время бурения или забуривания скважины;

- неправильный выбор сорта твердосплавных зубков;
- взаимозацепление шарошек.

Рекомендации:

- проанализируйте условия бурения, нагрузку на долото;
- уменьшите нагрузку на долото и плавно уменьшайте обороты вращателя;
- подберите долото с зубками из более износостойкого твердого сплава

-

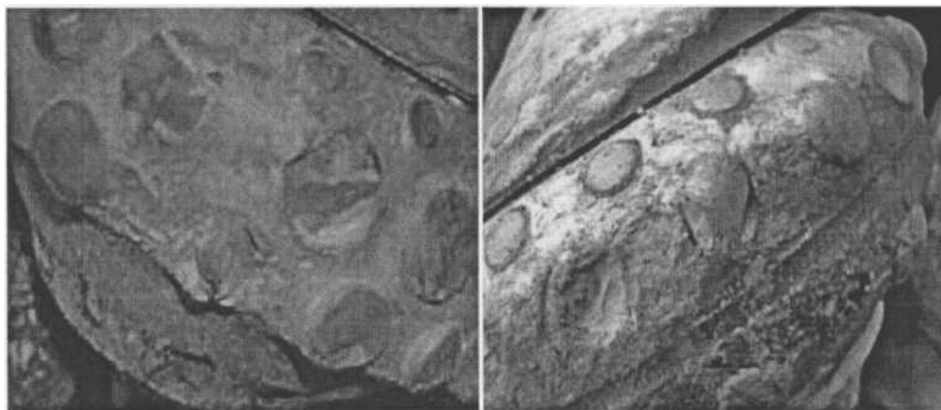


Рисунок 10 - Скол зубков частичный.

5. Истирание зубков по высоте (рисунок 11)

Зубки имеют плоский износ, низкая скорость бурения.

Причины:

- завышенная нагрузка на долото;
- свойства сплава зубков не соответствуют свойствам разбуриваемых пород;
- изменились свойства разбуриваемых пород за счет крепких, абразивных включений;
- слишком высокие обороты вращателя;

Данный вид износа может характеризоваться как нормальный при высоких показателях проходки и часовой стойкости данного долота.

Рекомендации:

- снизьте нагрузку на долото или обороты вращателя (вариант - оба действия в комплексе).
- подберите долото с зубками другой формы, из более износостойкого твердого сплава;
- подберите долото с характеристиками более подходящими данным условиям бурения.

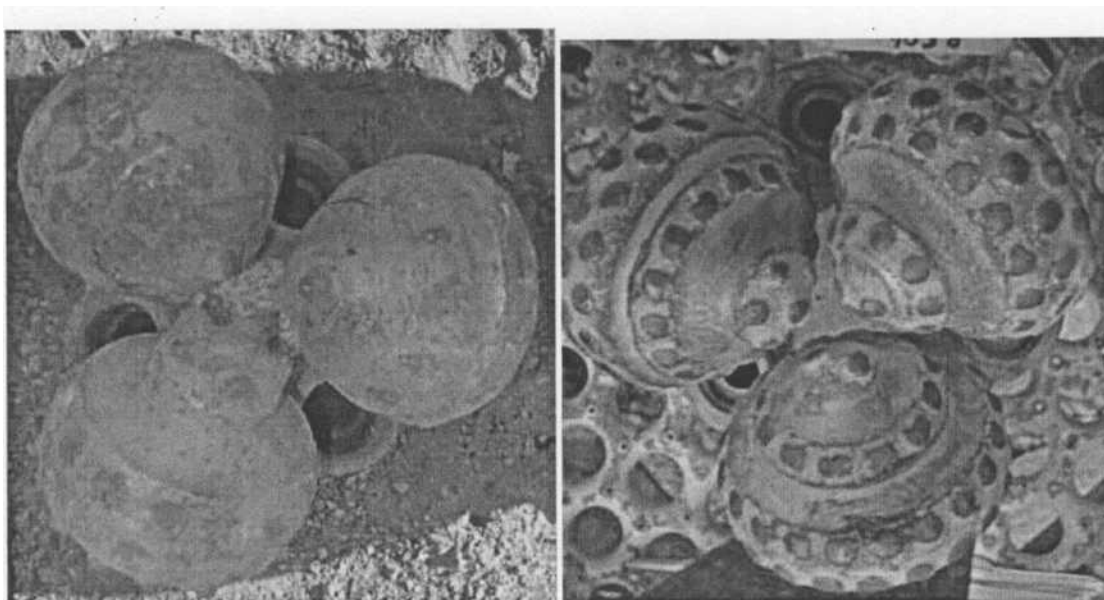


Рисунок 11 - Истирание зубков по высоте

6. Тепловое разрушение зубков (рисунок 12)

На поверхности зубков появляется характерный вид износа «змеиная кожа». Часто это является причиной поломки зубков.

Причины:

- свойства сплава зубков не соответствует категории разбуриваемых пород;
- одновременное нагревание твердосплавных зубков в процессе бурения и охлаждение водой, нагнетаемой в скважину с воздухом и
- поступающей в скважину с притоком грунтовых вод.

Рекомендации:

- подобрать долото с зубками из сплава менее склонного к тепловому разрушению (более низким содержанием кобальта или большим размером зерен карбидов);
- снизить обороты вращателя и уменьшить подачу воды.



Рисунок 12- Тепловое разрушение зубков

7.Износ зубков по внешнему диаметру долота (рисунок 13)

Твердосплавные зубки скруглены к центру долота, низкая скорость бурения.

Причины:

- слишком высокие обороты вращателя;
- марка твердого сплава не соответствует твердости разбуриваемых пород.

Рекомендации:

- снизьте обороты вращателя так, чтобы зубки на рядах шарошек имели время войти в сцепление с поверхностью забоя скважины;
- используйте долото с более износостойким твердым сплавом зубков;
- используйте долото с меньшим смещением и большим углом между осями цапфы и осью долота.

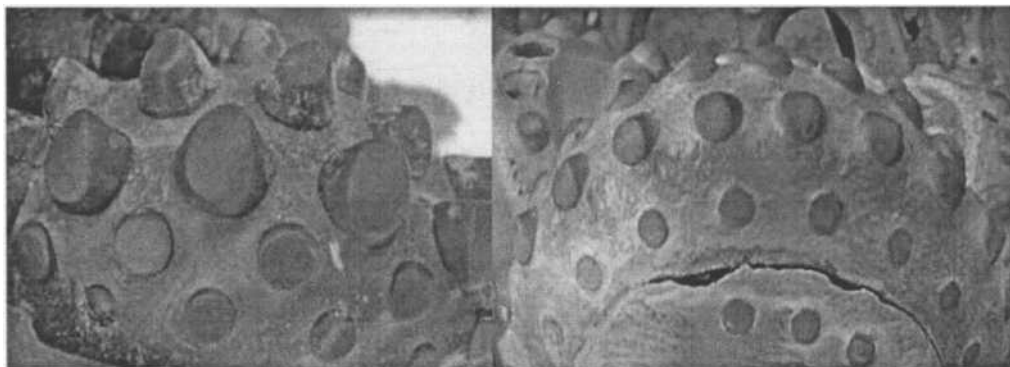


Рисунок 13 - Износ зубков по внешнему диаметру долота

8. Трекинг (рейкообразование) (рисунок 14).

Зубки имеют преимущественно односторонний износ.

Этот износ происходит в результате внедрения зубков в породу забоя подобно шестерне.

Причины:

- как правило, причиной является неправильно установленная нагрузка на долото и обороты вращателя;
- неправильный выбор долота;
- изменение литологической ситуации (пропластка).

Рекомендации:

- подберите нагрузку на долото и обороты вращателя так, чтобы достичь правильного дробления за определенный интервал времени;
- выберите долото, предпочтительное для данной породы или долото с зубками, расположенных с переменным шагом.

расположенных

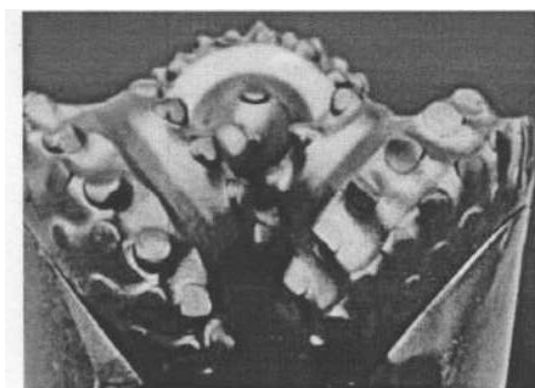


Рисунок 14 - Трекинг

9. Самозатачивание зубцов (рисунок 15).

Износ зубьев, обеспечивающий постоянное заострение торца зубков. Этот вид износа подтверждает правильность подбора долота и параметров бурения.



Рисунок 15 - Самозатачивание зубцов.

10. Эрозионный износ (рисунок 16).

Эрозионный износ металла шарошек между зубков, приводящий к выпадению зубков. Так же чрезмерный эрозионный износ лап может привести к выпадению зубков армировки лап и износу козырьков.

Причины:

- неправильный выбор долота;
- недостаточный объем воздуха, поступающий на забой через насадки;
- тяжелые (от притока грунтовых вод или чрезмерной подачи воды на станке), липкие, абразивные породы;
- чрезмерно высокая скорость воздушного потока продувки.

Рекомендации:

- подберите долото с зубками имеющими больший вылет над телом шарошки из более твердых сплавов;
- проверьте продувочную систему станка на наличие утечек; если на станке применяется водяное пылеподавление, уменьшите подачу воды. Убедитесь, что насадки в долоте не зашламованы;
- проверьте эффективность выноса шлама из скважины;
- увеличьте диаметр насадок для уменьшения давления воздуха;

продолжайте бурение без изменения параметров в случае высокой механической скорости бурения.

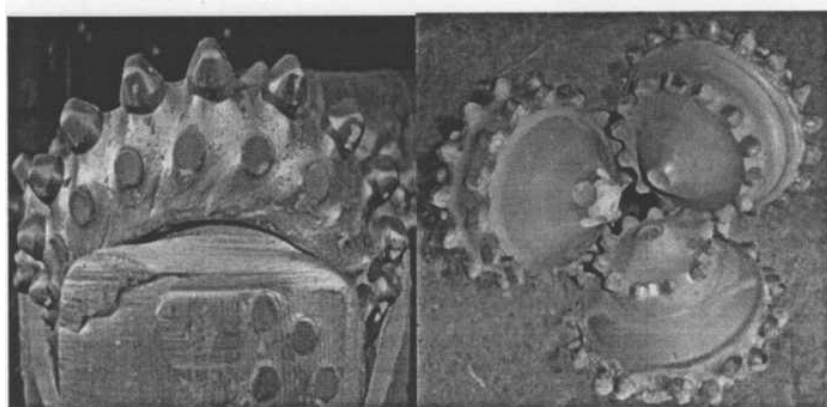


Рисунок 16 - Эрозионный износ.

11. Трещины в шарошке (рисунок 17).

Шарошка раскололась в осевом и радиальном направлении.

Причины:

- усталость металла шарошки;
 - межвенцовое зацепление шарошек явилось причиной перегрева и образования трещин;
 - износ опоры в шарошке вызвал перегрев упорного торца и является причиной образования трещин;
 - внутренняя полость шарошки наезжает на козырек, что вызывает перегрев и растрескивание;
 - превышение осевой нагрузки на долото;
- высокая скорость контактов зубков о забой,
- падение бурового става в скважину.

Рекомендации:

- такой износ может быть допустим при длительной работе долота; уменьшите нагрузку на долото;
- проанализируйте условия бурения и убедитесь, что долото работает на забое мягко без ударов.



Рисунок 17 - Трещины в шарошке

12. Потеря шарошки (рисунок 18).

Одна или более шарошек могут быть потеряны. Шарошки оставлены на забое.

Причины:

- удар долота о забой;
- износ опоры (выпадение всех тел качения). Рекомендации
- подберите долото с зубками из сплава, менее склонного к тепловому разрушению (более низким содержанием кобальта или большим размером зерен карбидов);
- осматривайте долото после каждой пробуренной скважины.



Рисунок 18 - Потеря шарошки.

13. Взаимозацепление шарошек (рисунок 19)

Изношены подшипники опоры, в результате зубки одной шарошки задевают межвенцовое пространство другой шарошки. Это часто приводит к заклиниванию шарошки, истиранию зубков и радиальному расколу шарошек.

Причины:

- слишком большая нагрузка на долото, результирующая значительный изгибающий момент на цапфах лап;
- закупорка шламом воздушных каналов в опоре, в результате охлаждающий воздух не попадает в подшипник;
- подшипники качения изношены, чрезмерные удары или эксцентричное бурение изогнутой штангой, изношенная резьба или изношенные вкладыши ствола буровой установки, привели к поломке упорного бурта в шарошках;
- недостаточный объем воздуха перераспределяется в опору;
- разбуривание скважины с меньшим диаметром, чем долото;
- выпадение тел качения одной из опор.

Рекомендации:

- снизьте нагрузку на долото;
- удостоверьтесь, что долото очищается должным образом каждый раз перед началом бурения;
- проверьте состояние и пригодность буровых штанг и вкладышей, при необходимости замените;
- проверьте наличие обратного клапана, наличие и правильность подбора насадок в долоте.

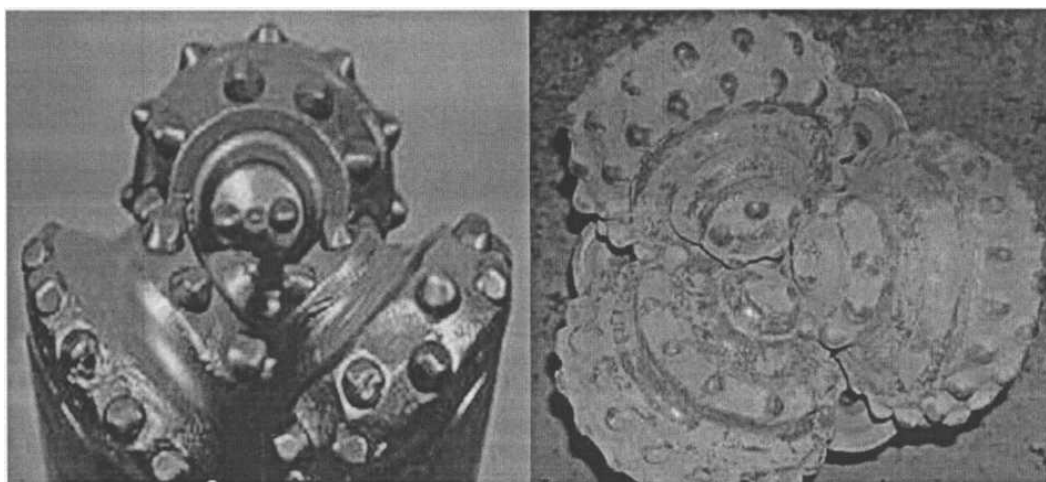


Рисунок 19 - Взаимозацепление шарошек.

14. Кернение долота (потеря вершин шарошек) (рисунок 20)

Вершины шарошек отсутствуют или изношены.

Причины:

- чрезмерно высокая нагрузка на долото, приводящая к контакту и удару тела шарошки о забой;
- для бурения в твердых породах подберите конструкцию долота, чтобы тело шарошки не контактировало и не ударялось о забой;
- слишком высокая нагрузка на долото, ставшая причиной скола или выпадения твердосплавных зубков;
- плохая очистка забоя, ставшая причиной чрезмерного эрозионного износа;
- в долотах с центральной продувкой при бурении абразивных пород сильный эрозионный износ вершин шарошек возникает вследствие пескоструйного эффекта, приводящего к выпадению зубков и истиранию вершин;
- попадание на забой посторонних предметов.

Рекомендации:

- уменьшите нагрузку на долото;
- подберите долото с вооружением (вылет зубка, форма, диаметр, количество на рядах), чтобы тело шарошки не контактировало и не ударялось о забой;
- проведите замеры фактической производительности компрессора, диаметра буровых штанг и проверьте правильность подбора насадок;
- долото с центральной продувкой замените на долото с боковой продувкой.

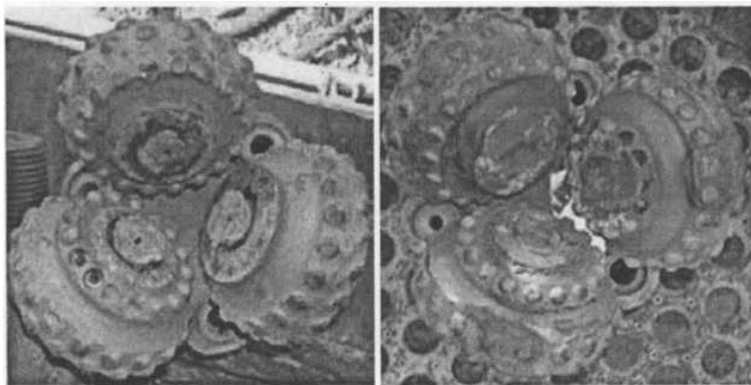


Рисунок 20 - Кернение долота.

15. Сальник на долоте (рисунок 21)

Налипание породы между шарошками (может быть ошибочно истолковано как заклинивание опор).

Причины:

- недостаточная очистка забоя;
- углубление долота в разбуренную породу при отключении компрессора;
- бурение вязких пород.

Рекомендации:

- увеличьте скорость потока продувки с помощью подбора насадок;
- при планировании отключения электроэнергии информируйте машинистов буровых станков за 30 минут до этого;
- используйте долота с более агрессивным вооружением;
 - осматривайте долото после каждой пробуренной скважины.

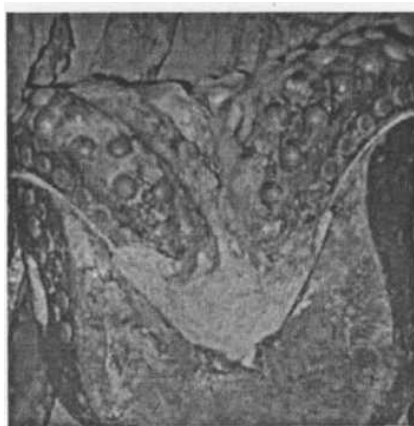


Рисунок 21 - Сальник на долоте

16. Слом лапы (рисунок 22)

Одна или несколько лап на долоте отсутствуют. Зачастую это происходит по причине ошибки оператора, либо неисправного оборудования.

Причины:

- падение бурового става в скважину при подъеме инструмента, либо при проведении ремонтных работ;
- критический эрозионный износ лап в опасном сочетании с максимальным изгибающим моментом.

Рекомендации:

- периодически проверяйте состояние резьбы на переходнике шпинделя
- вращателя. При обнаружении износа или повреждении витков на резьбе переходник заменить;
- рассмотрите возможность увеличения диаметра проходного сечения насадок с целью улучшения очистки при забойной зоны и снижения эрозионного износа лап;
- подберите долото с усиленной армировкой спинок лап в опасном сечении.

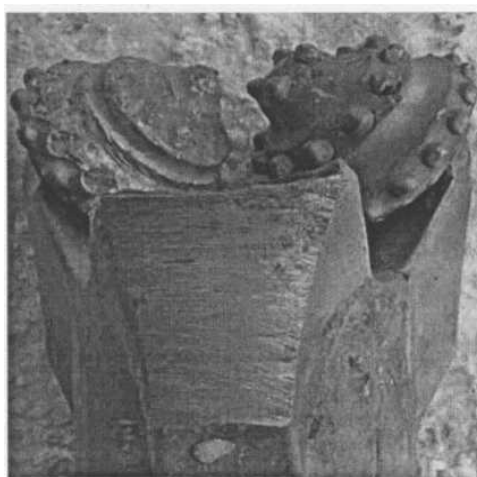


Рисунок 22 - Слом лапы

17. Механическое повреждение долота при СПО (сжатое долото) (рисунок 23).

На всех шарошках отсутствуют зубки периферийных рядов.

На внутренних рядах шарошек имеются отдельные сколы зубков.

На конусах между рядами имеются следы зубков соседней шарошки.

Причины:

- добуривание скважины новым долотом;
- чистка пробуренных скважин новым долотом;
- неисправность домкратов бурового станка.

Рекомендации:

- чистку или добуривание (при повторной установке бурового станка
- на скважину и повторном горизонтировании) скважин на блоке проводите изношенным долотом;
- при отсутствии изношенных долот бурите новую скважину параллельно старой;
- предусмотрите в заявке закупку долот меньшего диаметра для чистки скважин;
- на станках имейте отработанные долота, пригодные для добуривания и чистке скважин;
- проверьте исправность опорных домкратов (устранить утечки).



Рисунок 23 - Механическое повреждение долота при СПО

18.Закупорка насадок (рисунок 24)

Забитая насадка. Компрессор сбрасывает через клапан воздух. На долоте виден значительный эрозионный износ козырьков и спинок лап.

Причины:

- долото было оставлено на забое без подачи воздуха для проведения ремонтных работ или переключения ЛЭП;

- неисправность или отсутствие в долоте шламозащитного клапана;

- неисправность в работе компрессора, срыв воздушного шланга.

Рекомендации:

- при планировании ремонтных работ забуривание производите долотом, бывшим в употреблении;

- при планировании отключения электроэнергии информируйте машинистов буровых станков за 30 минут до этого;

- периодически осматривайте состояние обратного клапана на долоте, исправность работы и надежность крепления. При необходимости замените клапан на исправный;

- запретите эксплуатацию долот без шламозащитного клапана;

- отрегулируйте компрессор, устраните утечки воздуха в системе, очистите долото от шлама (насадки, воздушные каналы в лапах);

- перед навинчиванием долота продуйте буровую штангу.

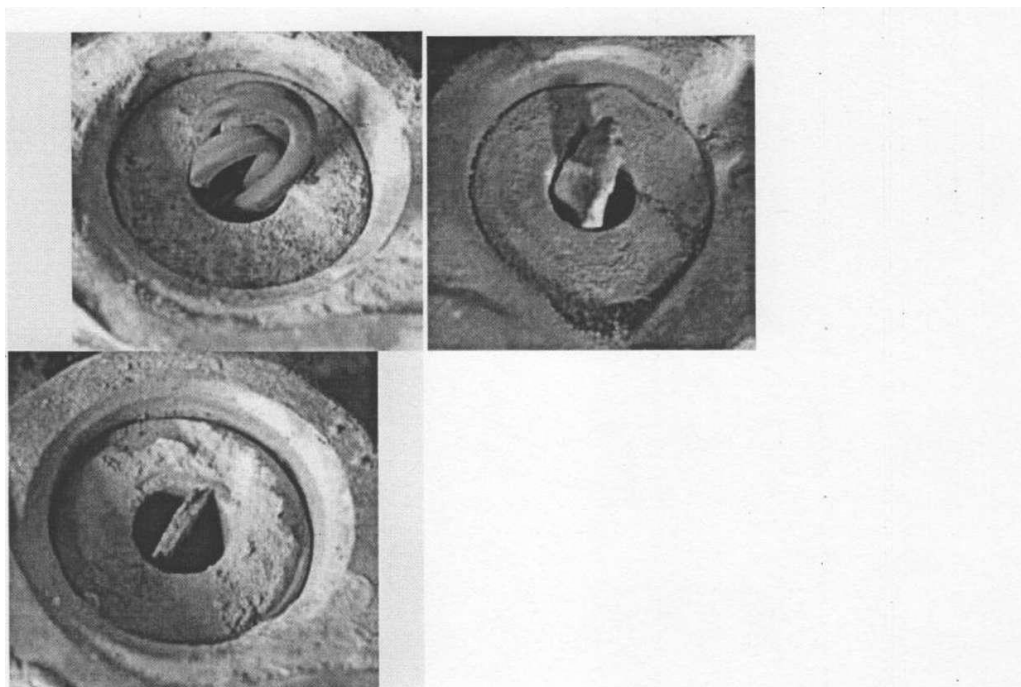


Рисунок 24 - Закупорка насадок.

19. Потеря насадки (рисунок 25)

Потеря насадки обычно сопровождается резким падением давления при бурении и требует немедленного подъёма долота.

Причины:

- нарушение правил установки насадок;
 - механическое повреждение насадок или системы их крепления в корпусе долота;
 - неправильный для данных условий бурения тип насадок;
 - эрозия насадок или системы их крепления;
- зашламование долота.

Рекомендации:

- осматривайте долото после каждой скважины.

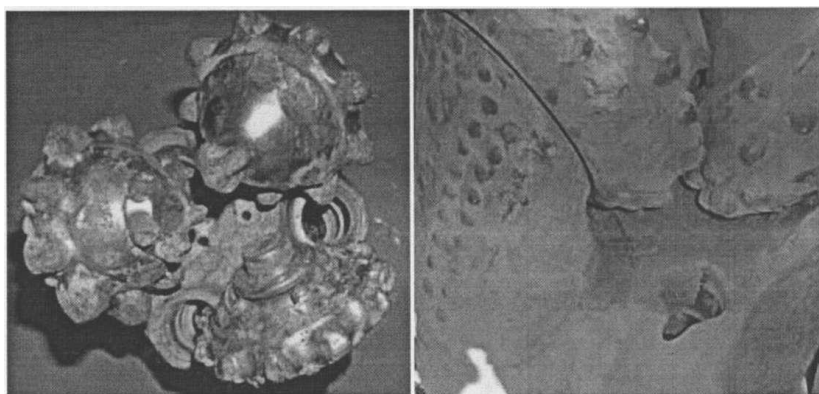


Рисунок 25 - Потеря насадки

20. Эксцентричный износ (рисунок 26)

Чрезмерный износ одной или двух лап (спинки, козырьки лап), одной или двух шарошек (тыльные и периферийные ряды на шарошках), сопровождается выходом из строя подшипников - заклиниванием шарошек и выпадением тел качения.

Причины:

- буровая штанга изогнута, в результате происходит эксцентричное вращение долота (радиальное биение);
- долото навинчено на переходник с перекосом, резьба на долоте повреждена.

Рекомендации:

- проверьте вращение бурового става на наличие эксцентриситета;
- проверьте долото на наличие повреждения резьбы;
- проверьте и замените наддолотный переходник, если у него повреждена резьба.

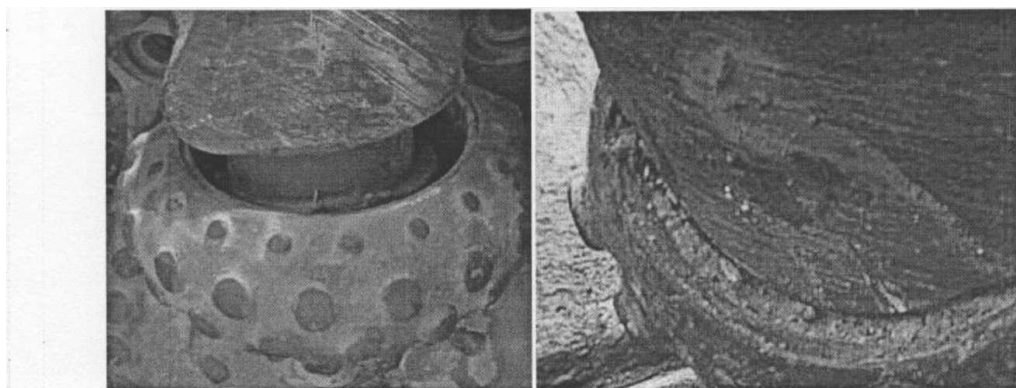


Рисунок 26 - Эксцентричный износ

21 .Износ козырька (рисунок 27)

Слом козырька лапы защищающего ролики опоры.

Причины:

- осевая составляющая нагрузки на подшипник приводит к тому, что козырек несет часть этой нагрузки;
- осевое биение при вращении долота;
- эрозионный износ ослабляет структуру козырька.

Рекомендации:

- уменьшите нагрузку на долото или подберите долото с меньшим значением угла оси цапфы и осью долота;
- проверьте долото на эксцентричный износ, буровые штанги на изгиб;
- проверьте резьбу на долоте и на переходнике на наличие повреждений,
- проверьте буровой став, компрессор, нагнетательную воздушную линию на наличие утечек.

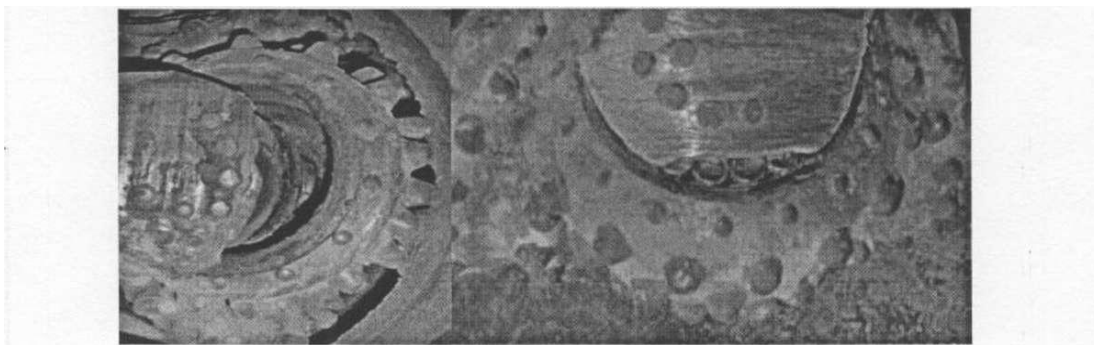


Рисунок 27 - Износ козырька.

22.Зашламование опоры (рисунок 28)

Проникновение шлама в опору долота (может быть ошибочно истолковано как заклинивание опор).

Причины:

- недостаточная производительность компрессора;
- неправильно подобранные насадки;
- снятие обратного клапана;
- длительное оставление долота на забое.

Рекомендации:

- произведите ремонт или замену компрессора, на более производительный;
- произведите подбор насадок в соответствии с рекомендациями;
- при планировании отключения электроэнергии информируйте машинистов буровых станков за 30 минут до этого.

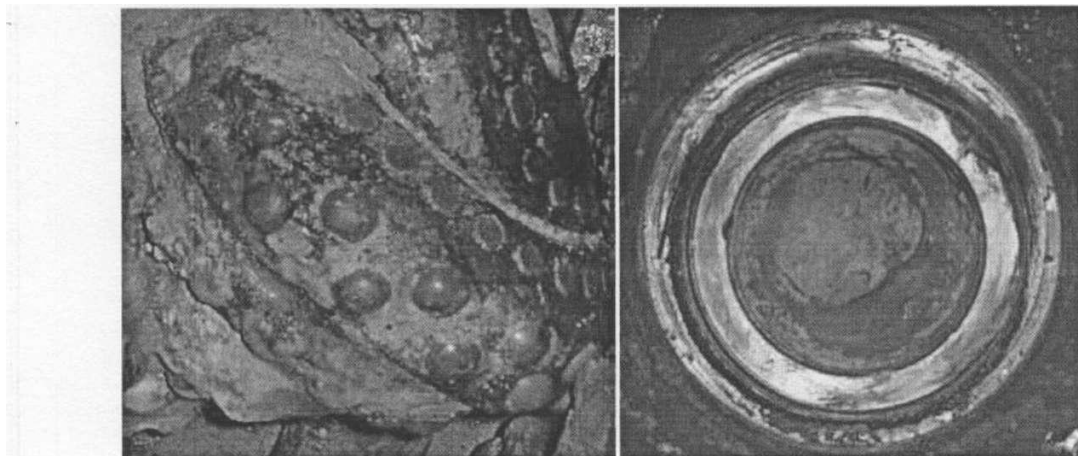


Рисунок 28 - Зашламовывание опоры.

23. Люфт в опоре долота (рисунок 29)

Причины:

- недостаточная производительность компрессора;
- неправильно подобранные насадки;
- износ тел качения, разрушение подшипников скольжения вследствие перегрева опоры.

Рекомендации:

- произведите ремонт или замену компрессора на более производительный;
- произведите подбор насадок в соответствии с рекомендациями;
- осматривайте долото после каждой пробуренной скважины.

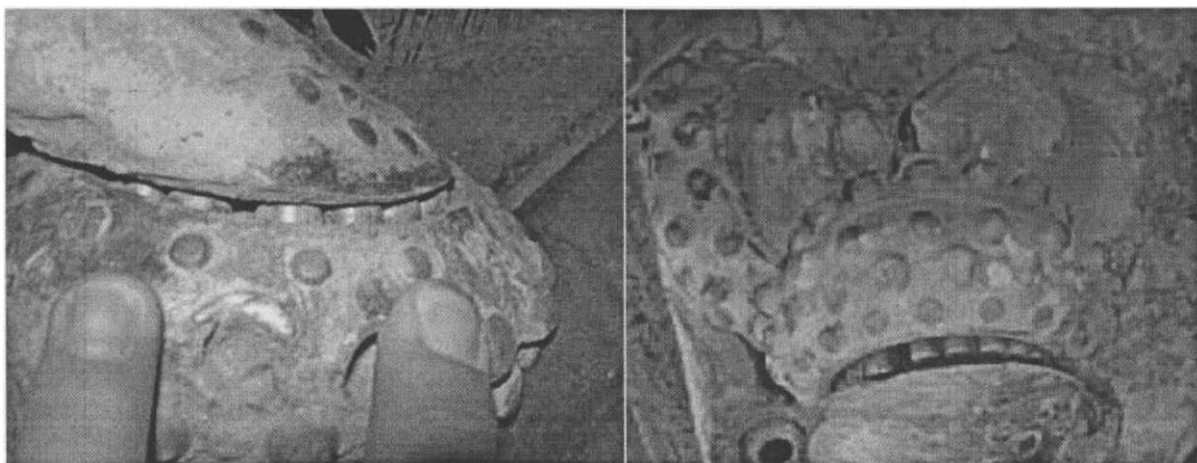


Рисунок 29 - Люфт в опоре долота

Выводы

Буровые долота и бурильные головки изготавливают из прочных и износостойких материалов, т.к. в процессе бурения на долото действуют осевые и ударные нагрузки, вращающий момент, а также давление и химическая активность промывочной жидкости. Для секций (лап) и шарошек буровых долот применяют хромнικельмолибденовые, хромникелевые и никельмолибденовые стали. Выпускаются буровые долота и бурильные головки, оснащённые природными или синтетическими алмазами. Некоторые

типы долот изготавливают из сталей электрошлакового и вакуумно-дугового переплавов.

Совершенствование буровых долот осуществляется в направлении улучшения их конструкций: создания новых схем опор с герметизированными маслonaполненными опорами для низкооборотного и высокооборотного бурения. Применения новых форм твердосплавных зубков, изыскания более износостойких материалов, повышения точности изготовления деталей и сборки буровых долот, а также применения более совершенных схем подвода промывочной жидкости к забою скважины.

Поломка долот вызывается спуском дефектных долот при отсутствии надлежащей проверки их, чрезмерными нагрузками на долото и передержкой долот на забое. Заклинивание шарошек возникает вследствие прекращения вращения шарошек на забое скважины, т. е. происходит прихват их на осях. Основные признаки поломки долота во время бурения-прекращение углубления скважины и сильная вибрация бурильной колонны. Чаще всего происходит поломка подшипников шарошек колонковых и трехшарошечных долот. При этом забойный двигатель перестает принимать нагрузку, а при роторном бурении бурильная колонна начинает заклиниваться. Поломку долота при проработке ствола скважины очень трудно обнаружить до подъема бурильной колонны. Поэтому необходимо особенно тщательно проверять долота, применяемые для проработки, и ограничивать время их работы.

Чтобы предотвратить аварии, связанные с поломкой долот, необходимо:

- 1) перед спуском долота в скважину проверить его диаметр кольцевым шаблоном, а также проверить замковую резьбу, сварочные швы лап и корпуса и промывочные отверстия - наружный осмотр, насадку шарошек на цапфах - вращением от руки;

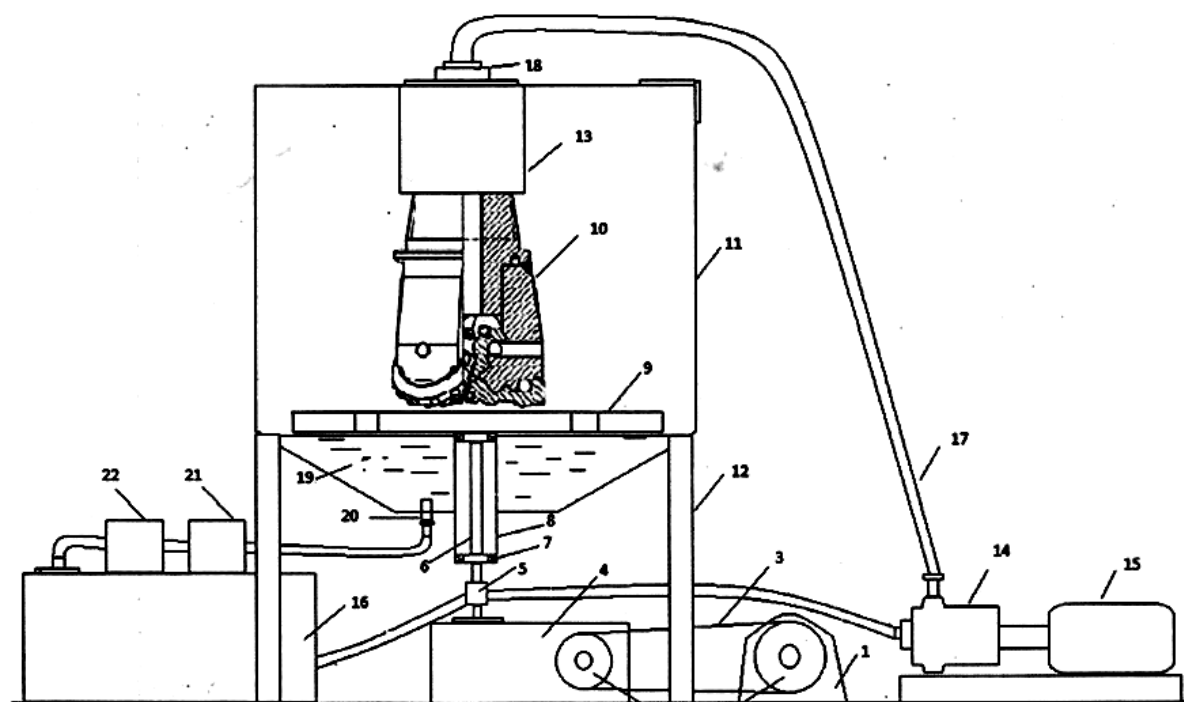
- 2) бурить в соответствии с указаниями геолого-технического наряда. Особое внимание должно быть обращено на очистку промывочной жидкости;

3) поднятое из скважины долото отвинчивать при помощи долотной доски, вставленной в ротор, промывать водой, подвергать наружному осмотру и замеру.

После оценки работоспособности долот по статистическим данным необходимо провести сравнительный анализ износа и причин выхода из строя каждого типа отработанных долот. Результаты данного анализа важны, поскольку необходимо как можно точнее определиться с конфигурацией долота, наиболее соответствующей условиям бурения.

2 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СТЕНДА ДЛЯ ПРОМЫВКИ ШАРОШЕЧНЫХ БУРОВЫХ ДОЛОТ

2.1 КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА.



1- электродвигатель, 2-шкивы, 3-ремень, 4-редуктор, 5-переходная муфта, 6-вал, 7- подшипник, 8-стойка подставки, 9-подставка для долота, 10- долото, 11 -корпус установки, 12- стойка корпуса, 13-ниппель долота, 14-насос, 15-электродвигатель насоса, 16-емкость для промывочной жидкости, 17-шланг высокого давления, 18- переходник ниппеля для шланга с промывочной жидкостью с заглушкой среднего канала, 19-прошедшая через долото промывочная жидкость, 20-кран выхода жидкости, 21-фильтр грубой очистки, 22-фильтр тонкой очистки.

Рисунок 9 - Конструктивная схема промывочной установки для шарошечного долота.

2.2 ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРОМЫВОЧНОЙ УСТАНОВКИ

Электродвигатель 1 со шкивом 2 передает крутящий момент через ремень 3 редуктору 4, который в свою очередь через соединительную муфту 5 вращает вал 6, установленный в подшипники 7, стойки подставки 8, вал

закрепляется с подставкой для долота 9, и раскручивает шарошки. Долото 10 устанавливается в корпус установки 11 стоящую на главных стойках 12, и закрепляется зажимом 13. Подача жидкости осуществляется насосом 14 с электродвигателем 15, из емкости для воды 16, насос под давлением запускает воду через шланги высокого давления 17 установленного в переходнике 18 в долото осуществляя промывку, прошедшая через долото промывочная жидкость 19 попадает в кран для выхода промывочной жидкости 20 и попадает в фильтр грубой 21 и фильтр тонкой 22 очистки, затем попадает в емкость для воды и процесс повторяется.

Техническая характеристика.

1. Электродвигатель

- модель АИ 80 А 4

- мощность 1.1 кВт

- частота вращения 1500 об/мин

- напряжение 220 В - ток 4 А

2. Редуктор Двухступенчатый Ц2У 100

- номинальный крутящий момент 315

- передаточное отношение 8-40 - масса 21 кг

3. Водяной насос КМ 8/18 с электродвигателем

- подача - 50 м³/час

- напор - 50 м водного столба - КПД - 65%

- асинхронный двигатель - 1.5 кВт

- частота вращения 2900 об/мин - тип - АИР160С2ЖУЗ

- масса насоса - 60 кг

4. Тип жидкости - 10 % раствор кальцинированной соды

ВЫВОДЫ

В последнее время в России были проведены многочисленные исследования по повышению эффективности работы шарошечных долот, способов продления их работоспособности. Одним из способов продления

работоспособности долот является проведение профилактических работ по поддержанию работоспособности долот в процессе их эксплуатации. Для проведения профилактических работ шарошечных долот предлагается промывка шарошечных долот.

Разработанная установка после внедрения на производство позволит проводить профилактические промывки долот через первые 300-400м проходки, и увеличить проходку на одно долото на 20-40%, что позволяет увеличить срок службы и снизить затраты на буровой инструмент при ведении буровых работ.

3 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

3.1 ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

На ОАО «Ачинский Глиноземный комбинат» для проведения буровых работ используются шарошечные долота. Стойкость долот (время работы) современных долот определяется в основном стойкостью опор шарошек, которые работают при больших динамических и статических нагрузках. В процессе бурения условия работы шарошечных долот со временем ухудшаются из-за попадания бурового шлама в опоры шарошек, запрессовки шламом продувочных каналов долот, что приводит к заклиниванию шарошек из-за разрушения подшипников в опорах шарошек и выходу из строя всего долота при относительно работоспособном рабочем вооружении.

В последнее время в России были проведены многочисленные исследования по повышению эффективности работы шарошечных долот, способов продления их работоспособности. Одним из способов продления работоспособности долот является проведение профилактических работ по поддержанию работоспособности долот в процессе их эксплуатации. Для проведения профилактических работ шарошечных долот предлагается промывка шарошечных долот.

Профилактические промывки долот через первые 300-400м проходки позволяют увеличить проходку на одно долото на 20-40%, что позволяет увеличить срок службы и снизить затраты на буровой инструмент при ведении буровых работ. Исходные данные для расчета эффекта предложению приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1- Исходные данные для расчета эффекта по предложению.

Показатель	Аналог	Проект	Отклонение +/-	Отклонение в %
По Мазульскому известняковому руднику				
1 .Объем бурения годовой, м. п.	138152	138152	0	100
2.Проходка на одно долото, м. п.	1105,2	1326.24	221,04	120
3.Кол-во долот, шт	125	105	20	84
4.Стоимость бурового Инструмента ,руб.	3874182,5	3254313,3	619869,2	84
По Кия–Шалтырскому нефелиновому руднику				
5.Объем бурения годовой, м.п.	204410	204410	0	100
б.Проходка на одно долото, м.п.	570,9	685,08	114,1	120
7.Кол-во долот, шт	358	311	47	86
8.Стоимость бурового инструмента, руб.	11095658,6	9638966,06	1456692,54	86

Исходя из расчетных данных аналога и проекта по МИРу видно, что годовой объем бурения не изменился, при этом увеличилась проходка одного долота на 20% (221,04 м.п.) в следствии чего снизилось количество долот на 16% (20 шт.) и уменьшились годовые затраты на покупку бурового инструмента на 16% (619869,2 руб.).

По КШНР объем бурения не изменился, увеличилась проходка одного долота на 20% (114,1 м.п.) следовательно уменьшилось количество долот на 14% (47 шт.) и уменьшились годовые затраты на буровой инструмент на 14% (1456692,54 руб.).

Данные по расходу буровых долот и объемам бурения за 2011 г приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Расход буровых долот и объемы бурения.

Месяц	Объем бурения м/п	Количество шарошечных долот шт	Средняя проходка на одно долото. м/п	Стоимость тыс.руб
Расход по Мазульскому известняковому руднику за 2011 г				
1	12006	14	857,6	414342,27
2	10945	6	1824,16	177875,88
3	9760	7	1394,34	209611
4	8969	9	996,5	274074
5	9338	10	933,8	306375
6	10710	11	973,6	338771
7	11606	11	1055,09	338771
8	12285	13	945	3989911
9	9485	11	862,2	334970,36
10	14975	9	1663,8	279844,56
11	13276	11	1206,9	367649,78
12	14797	13	1138,2	402914,98
Итого	138152	125	1105,2	3874182,5
Расход по Кия–Шалтырскому нефелиновому руднику за 2011 г				
1	14072	26	541,23	769492,79
2	17017	34	500,5	1006259,8
3	20726	36	575,7	1114225,57
4	21479	26	826,11	791769,99
5	17482	31	563,9	949763,39
6	17836	33	540,48	1016313,80
7	15496	27	573,9	831529,47
8	18701	34	550,02	1053535,28
9	15489	29	534,1	904428,75
10	18090	30	603	935615,95
11	13776	22	626,1	686118,36
12	14246	30	474,8	935615,95
Итого	204410	358	570,9	11095658,6

В результате внедрения профилактических работ по промывке шарошечных долот, увеличилась проходка долота, а также срок службы, что привело к снижению годовой стоимости бурового инструмента.

3.2 РАСЧЕТ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ И АМОРТИЗАЦИОННЫХ ОТЧИСЛЕНИЙ.

Перечень оборудования и материалов для создания установки приведены в таблице 3.3

Таблица 3.3 - Расчет стоимости установки для промывки шарошечного долота

Наименование оборудования	Количество	Стоимость, руб
Электродвигатель привода редуктора.	1	200
Редуктор 463	1	11 772
Водяной насос КМ 8/18 с электродвигателем	1	6 790
Муфта редуктора	2	300
Подшипник передаточного вала	2	300
Шланг высокого давления	2	700
Металл лист 1.25х2.50	3	8577
Оргстекло 1.2х1.3	1	1310
Фильтр грубой очистки	1	1500
Фильтр тонкой очистки	1	2100
Труба профильная	1	223
Итого		34072

Заработная плата рабочего слесаря на изготовление ванны установки:

$$З_Т = t \cdot Т_{ст} \quad (3)$$

где t- время изготовления установки, час.

Т_{ст}- часовая тарифная ставка, руб.

$$З_Т = 34 \cdot 85,22 = 2897,48 \text{руб.}$$

Страховые взносы:

$$Ст.вз = (З_Т \cdot 30,2\%) / 100 \quad (4)$$

где З_Т- Заработная плата слесаря.

$$Ст.вз = (2897,48 \cdot 30,2) / 100 = 875,03 \text{руб}$$

Общая стоимость установки для промывки долота составит 37844,51 руб.

3.3 РАСЧЕТ АМОРТИЗАЦИОННЫХ ОТЧИСЛЕНИЙ

Амортизационные отчисления - это часть стоимости основных фондов в денежном выражении, соответствующая их износу, переносимая на продукцию и служащая для их воспроизводства на новой технологической основе. С помощью этих отчислений производят финансирование мероприятий по ликвидации износа основных фондов путём замены физически изношенных и морально устаревших объектов новыми.

Дополнительные амортизационные отчисления определяются согласно нормам амортизационных отчислений по основным фондам и первоначальной стоимости основных фондов:

Установка для промывки шарошечных относится к третьей группе основных средств по классификатору основных средств, включаемых в амортизационные группы. Принимаем срок полезной эксплуатации три года.

Годовой амортизационный фонд:

$$A = C * Na, \text{ руб.} \quad (5)$$

где C- первоначальная стоимость установки по промывке долот, руб.;

Na - норма амортизации, % .

$$A = 37844,51 * 25\% = 9461,12 \text{ руб.}$$

3.4 РАСЧЕТ ТЕКУЩИХ ЗАТРАТ

На промывку одного шарошечного долота требуется 1 час работы установки, годовое количество потребления электроэнергии приведено в таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Потребность в электроэнергии

	Наименование оборудования	Установленная мощность, кВт/ч	Количество часов работы в год	Годовой объем потребления электроэнергии, кВт/ч
1	Электродвигатель привода редуктора	1,1	416	457,6
2	Электродвигатель насосной установки	1,5	416	624
	Итого	2,6	832	1081,6

Потребность в технической воде для промывки:

$$U_B = \Pi * K \quad (6)$$

где Π - потребность в тех воде на промывку одного долота, м³.

K - годовой объем шарошечных долот, шт

$$U_B = 0,5 * 416 = 208 \text{ м}^3$$

Потребность в кальцинированной соде:

$$U_c = \Pi * K \quad (7)$$

где Π - потребность в кальцинированной соде на промывку одного долота, т.

K - годовой объем шарошечных долот, шт.

$$U_c = 0,002 * 416 = 0,832 \text{ т.}$$

Расчет фонда заработной платы и страховые взносы в ГВФ. Фонд заработной платы:

$$\Phi = T * U_{п.д}, \text{ руб.} \quad (8)$$

где T - часовая ставка заработной платы слесаря по ремонту, руб.

$U_{п.д}$ - годовой объем по промывке шарошечных долот чел/часов.

$$\Phi = 85,22 * 416 = 35451,52 \text{ руб.}$$

Страховые взносы от фонда заработной платы составляют 30,2%

$$O = 0,302 * 35451,52 = 10706,35 \text{ руб.}$$

Текущие расходы на эксплуатацию промывочной установки сведены в таблицу 3.5.

Таблица 3.5- Текущие затраты на эксплуатацию промывочной установки.

№	Статья расходов	Единица измерения	Цена за единицу, руб.	Количество	Стоимость, руб.
1	Амортизация				8521,37
2	Зарплата				35451,52
3	Страховые взносы на з/п				10706,35
4	Электроэнергия	кВт/час	0,5	1081,6	540,8
5	Техническая вода	м. ³	3,64	208	757,12
6	Сода кальценированная	Т	7000	0,832	5824
	Итого затрат				61801,16

Энергоресурсы и материалы необходимые для эксплуатации установки производятся на комбинате, цены на них взяты фактически сложившиеся в 2017 году.

3.5.РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Для расчета экономического эффекта принимаем увеличение проходки на одно долото в размере 20%

До внедрения мероприятия по промывке долот, средняя проходка по МИР составляет 1105,2 м.п., по КШНР 570,9 м.п.

После внедрения промывочной установки средняя проходка на одно долото по МИР составит 1326,24 м.п., по КШНР 685,08 м.п.

Стоимость долота 244.5 КТЗ ПГВ составляет 30993,46 руб.

Экономический эффект установки для промывки шарошечного долота приведен в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Экономический эффект

До внедрения установки				После внедрения установки			
Объем бурения годовой, м. п.	Проходка на одно долото, м. п.	Количество долот, шт	Стоимость бурового инструмент руб.	Объем бурения годовой, м. п.	Проходка на одно долото, м.п.	Количество долот, шт.	Стоимость бур Инструмента руб.
По Мазульскому известняковому руднику за 2011г							
138152	1105,2	125	3874182,5	138152	1326,2 4	105	3254313,3
По Кия–Шалтырскому нефелиновому руднику за 2011 г							
204410 570,9		358	11095658,6	204410 685,08		311	9638966,06

$A_3 \text{ по МИРу} = 3254313,3 - 3874182,5 = 619869,2 \text{ руб./год.}$

$A_3 \text{ по КШНР} = 9638966,06 - 11095658,6 = 1456692,54 \text{ руб./год.}$

$D_3 \text{ общ} = 619869,2 + 1456692,54 = 2076561,74 \text{ руб./год.}$

Дополнительная валовая прибыль:

$A_{Вп} = 2076561,74 - 61801,16 = 2014760,58 \text{ руб.}$

Дополнительная чистая прибыль:

$A_{Вч} = 2014760,58 * 0,8 = 1611808,4 \text{ руб.}$

Срок окупаемости капитальных вложений:

$Co = 37844,51 / 1611808,4 = 0,023 \text{ лет}$

Поскольку срок окупаемости не превышает одного года, то расчет динамических показателей эффективности инвестиций не целесообразен.

3.6 ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Оценка результатов установки по промывке шарошечных долот представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Оценка результатов предложения

Показатель	Аналог	Проект	Отклонение +/-	Отклонение в %
По Мазульскому известняковому руднику				
1 .Проходка на одно долото, м. п.	1105,2	1326.24	+221,04	120
2.Количество долот, шт.	125	105	-20	84
3.Стоимость бур инструмент, руб.	3874182,5	3254313,3	-619869,2	84
По Кия-Шалтырскому нефелиновому руднику				
4.Проходка на одно долото, м. п.	570,9	685,08	+114,1	120
5.Количество долот, шт.	358	311	-47	86
6. Стоимость бур инструмент, руб.	11095658,6	9638966,06	-1456692,54	86
7.Экономия затрат по буровому инструменту, руб.	2076561,74			
8. Дополнительная чистая прибыль, руб.	1611808,4			
9.Срок окупаемости, лет	0,023			

ВЫВОДЫ

В результате проведенных расчетов по экономической эффективности промывочной установки для шарошечного долота можно сделать следующий вывод ,что годовой объем бурения не изменился, при этом увеличилась проходка одного долота на 20% (221,04 м.п.) в следствии чего снизилось количество долот на 16% (20 шт.) и уменьшились годовые затраты на покупку бурового инструмента на 16% (619869,2 руб.).

По КШНР объем бурения не изменился, увеличилась проходка одного долота на 20% (114,1 м.п.) следовательно уменьшилось количество долот на 14% (47 шт.) и уменьшились годовые затраты на буровой инструмент на 14% (1456692,54 руб.).

Общая экономия затрат на буровой инструмент составляет 2076561,74 руб., дополнительная чистая прибыль составляет 1611808,4 руб., а срок окупаемости промывочной установки составляет 0,023 года или 9 дней.

По выше приведенным данным можно сказать, что представленная установка для промывки шарошечного долота экономически эффективна и целесообразна в применении.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОЗРАНА ТРУДА

Анализ несчастных случаев в бурении свидетельствует о том, что большая часть их происходит вследствие применения неправильных приемов труда. При ведении работ нередко нарушают действующие правила по технике безопасности. Это обусловлено или неудовлетворительным инструктажем, или не правильной организацией труда, или недостаточным техническим надзором со стороны инженерно-технических работников.

Значительное число несчастных случаев связано с тем, что при ведении работ применяется неисправный инструмент и оборудование, не используются защитные средства, недостаточно используются приспособления по технике безопасности и малой механизации, облегчающие труд и предотвращающие опасности, возникающие во время выполнения работ. Для того чтобы максимально снизить травматизм, необходимы высокая квалификация рабочих, знания или технологических особенностей бурения скважин, назначения, конструкция и правил эксплуатации оборудования и механизмов, правильных и безопасных приемов выполнения работ, а также высокий уровень технического надзора со стороны руководителей работ.

Улучшение организации труда, механизация тяжелых и трудоемких работ, рационализация технологических процессов, внедрение новых, более совершенных видов оборудования, механизмов и инструмента - основные направления по повышению производительности труда и создания здоровой и безопасной производственной обстановки на буровых предприятиях.

За последние годы достигнуты значительные успехи в области создания безопасных условий труда в бурении вследствие внедрения новой техники, пневматических систем управления, разработки и оснащения производств контрольно-измерительной, регистрирующей, ограничительной и другой аппаратурой многих видов. Дальнейшее внедрение новых видов оборудования, автоматизация и механизация технологических процессов бурения сыграют немалую роль в деле снижения травматизма.

При бурении нефтяных и газовых скважин значительное число несчастных случаев происходит в процессе эксплуатации оборудования. Правильный монтаж, своевременный осмотр оборудования и уход за ним создают условия для последующей безопасной работы. Поэтому перед вводом в эксплуатацию вновь смонтированной буровой установки необходимо проверить укомплектованность ее приспособлениями и устройствами по технике безопасности, элементами малой механизации, КИП и запасными емкостями.

Безопасность работы будет обеспечена, если буровое оборудование и инструмент будут соответствовать нормам и правилам техники безопасности.

4.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1. Каждое горное предприятие должно иметь:

а) утвержденный проект разработки месторождения полезных ископаемых независимо от производительности, включающий разделы техники безопасности и охраны окружающей среды, в том числе рекультивацию нарушенных земель;

б) установленную маркшейдерскую и геологическую документацию;

в) план развития горных работ, утвержденный главным инженером предприятия и согласованный с местными органами Госгортехнадзора Российской Федерации в части обеспечения принятых проектных решений безопасного ведения горных работ и охраны недр;

г) лицензию (разрешение) на ведение горных работ, выданную органами государственного управления России.

Примечания:

1. Разработка породных отвалов и некондиционных руд шахт, карьеров, гидроотвалов обогатительных фабрик, золоотвалов ТЭЦ, а также металлургических предприятий должна производиться по специальному проекту.

2. Разработка естественных богатств континентального шельфа должна осуществляться по специальным проектам и в соответствии с инструкциями по безопасному производству работ, которые утверждаются Росгортехнадзором России.

3. При проведении и эксплуатации подземных горных выработок надлежит, кроме того, руководствоваться соответственно Едиными правилами безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах и Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

4. Вновь построенные или реконструированные карьеры, разрезы, драги, прииски, а также отдельные промышленные объекты и сооружения, вводимые в работу на действующих предприятиях, должны приниматься комиссией с участием представителей Росгортехнадзора и технической инспекции труда в соответствии со СНиП 3.01.04-87. Это требование не распространяется на объекты, систематическое перемещение которых связано с технологией ведения горных работ (передвижные железнодорожные пути, линии электропередачи, контактные сети, водоотливные установки, трубопроводы и др.).

5. Все рабочие и инженерно - технические работники, поступающие на предприятие, подлежат предварительному медицинскому освидетельствованию, а работающие непосредственно на открытых горных работах - периодическому освидетельствованию на предмет их профессиональной пригодности. Медицинское освидетельствование и заключение о состоянии здоровья лиц, поступающих на предприятие, проводится в соответствии с действующими нормативными документами.

6. Лица, поступающие на горное предприятие (в том числе и на сезонную работу), должны пройти с отрывом от производства предварительное обучение по технике безопасности в течение трех дней (ранее работавшие на горных предприятиях, разрабатывающих

месторождения открытым способом, и рабочие, переводимые на работу по другой профессии, - в течение двух дней), должны быть обучены правилам оказания первой помощи пострадавшим и сдать экзамены по утвержденной программе комиссии под председательством главного Инженера предприятия или его заместителя.

При внедрении новых технологических процессов и методов труда, а также при изменении требований или введении новых правил и инструкций по технике безопасности все рабочие должны пройти инструктаж в объеме, устанавливаемом руководством предприятия. При переводе рабочего с одной работы на другую для выполнения разовых работ, не связанных с основной специальностью, он должен пройти целевой инструктаж по технике безопасности на рабочем месте. Запрещается допускать к работе лиц, не прошедших предварительного обучения. Повторный инструктаж по технике безопасности должен проводиться не реже двух раз в год с регистрацией в специальной книге.

Примечание:

Студенты высших и средних горнотехнических заведений, а также учащиеся профессионально - технических училищ перед производственной практикой должны пройти двухдневное обучение и сдать экзамены по технике безопасности экзаменационной комиссии предприятия. Перед последующими производственными практиками студенты высших учебных заведений и учащиеся техникумов должны пройти инструктаж по технике безопасности, а учащиеся профессионально - технических училищ - проверку знаний по технике безопасности в объеме программы предварительного обучения как лица, ранее работавшие в карьере.

5. Каждый вновь поступивший рабочий после предварительного обучения по технике безопасности должен пройти обучение по профессии в объеме и в сроки, установленные программами, и сдать экзамен. Лиц, не прошедших обучение и не сдавших экзамена, запрещается допускать к самостоятельной работе. Всем рабочим под расписку администрация обязана

выдать инструкции по безопасным методам ведения работ по их профессии.

6. К управлению горными и транспортными машинами допускаются лица, прошедшие специальное обучение, сдавшие экзамены и получившие удостоверение на право управления соответствующей машиной.

7. Машинисты и помощники машинистов горных и транспортных машин, управление которыми связано с оперативным включением и отключением электроустановок, должны иметь квалификационную группу по технике безопасности в соответствии с Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей:

- при напряжении до 1000 В;
- машинисты - не ниже III группы;
- помощники машинистов - не ниже II группы;
- при напряжении выше 1000 В: машинисты - не ниже IV группы;

помощники машинистов - не ниже III группы. Наличие указанных квалификационных групп по технике безопасности дает право машинистам и их помощникам производить оперативные переключения и техническое обслуживание только в пределах закрепленной за ними горной и транспортной машины и ее приключательного пункта. Разрешается машинистам и их помощникам производить переключения кабеля у приключательного пункта по наряду или лица, им уполномоченного (энергетика участка, сменного энергетика, энергодиспетчера).

При временном переводе машинистов и их помощников на другие экскаваторы (бурстанки) выполнение указанных работ разрешается после ознакомления их с системой электроснабжения этих горных машин.

8. Проверка знания безопасных методов работы машинистами и помощниками машинистов горных и транспортных машин должна проводиться ежегодно комиссиями, назначаемыми предприятием.

9. К техническому руководству горными работами допускаются лица,

имеющие законченное высшее или среднее горнотехническое образование или право ответственного ведения горных работ. Руководящие и инженерно - технические работники предприятий, разрабатывающих месторождения полезных ископаемых опытным способом, а также организаций, разрабатывающих для этих предприятий проекты, оборудование, обязаны не реже одного раза в 3 года проходить проверку знания ими Правил безопасности и инструкций в вышестоящей организации или органах Госгортехнадзора. Примечание. На карьерах производительностью менее 10000 куб. м горной массы в год без проведения подземных или взрывных работ к техническому руководству горными работами могут быть допущены лица, не имеющие права ответственного ведения горных работ, но со стажем работы на карьерах не менее двух лет. Инженерно - технические работники, поступающие на карьер (в том числе и переводимые с другого карьера), обязаны сдать экзамен по настоящим Правилам.

10. Каждое рабочее место перед началом работ или в течение смены должно осматриваться, мастером или по его поручению бригадиром (звеньевым), а в течение суток - начальником участка или его заместителем, которые обязаны не допускать производство работ при наличии нарушений правил безопасности, кроме работ по нарядам для устранения этих нарушений. На производство работ должны выдаваться наряды. Выдача нарядов и контроль за производством работ осуществляются в соответствии с положением о парадной системе, утвержденным предприятием. Запрещается выдача нарядов на работу в места, имеющих нарушения правил безопасности, кроме работ по устранению этих нарушений. На производство работ, к которым предъявляются повышенные требования по технике безопасности должны выдаваться письменные наряды - допуски. Перечень этих работ устанавливаются предприятием.

11. Каждый рабочий до начала работы должен удостовериться в безопасном состоянии своего рабочего места, проверить исправность предохранительных устройств, инструмента, механизмов и приспособлений,

требующихся для работы. Обнаружив недостатки, которые он сам не может устранить, рабочий, не приступая к работе, обязан сообщить о них лицу технического надзора.

12. Запрещается отдых непосредственно в забоях и у откосов уступа, в опасной зоне работающих механизмов, на транспортных путях, оборудовании и т.п.

13. Перед пуском механизмов и началом движения машин, железнодорожным составов или автомобилей обязательна подача звуковых или световых сигналов, с назначением которых инженерно - технические работники обязаны ознакомить всех работающих. При этом сигналы должны быть слышны (видны) всем работающим в районе действия машин, механизмов и др. Каждый неправильно поданный или непонятный сигнал должен восприниматься как сигнал "стоп". Перед началом работы или движения машины, механизма и др. машинист обязан убедиться в безопасности членов бригады и находящихся поблизости лиц. Таблица сигналов вывешивается на работающем механизме или вблизи от него.

14. Рабочие и специалисты в соответствии с утвержденными нормами должны быть обеспечены и обязаны пользоваться специальной одеждой, специальной обувью, исправными защитными касками, очками и другими средствами индивидуальной защиты, соответствующими их профессии и условиям работы.

15. Каждый работающий на предприятии, заметив опасность, угрожающую людям или предприятию (неисправность железнодорожных путей, машин и механизмов, электросетей, признаки возможных оползней, обвалов уступов, возникновения пожаров и др.), обязан наряду с принятием мер по ее устранению сообщить об этом лицу технического надзора, а также предупредить людей, которым угрожает опасность.

16. Горные выработки карьеров в местах, представляющих опасность падения в них людей, а также провалы, зумпфы и воронки следует ограждать предупредительными знаками, освещаемыми в темное время

суток. Дренажные скважины, недействующие шурфы и другие вертикальные и наклонные выработки должны быть надежно перекрыты.

17. Запрещается загромождать рабочие места и подходы к ним породой и какими-либо предметами, затрудняющими передвижение людей и механизмов.

18. В рабочее время горные, транспортные и дорожные строительные машины должны быть отведены от забоя в безопасное место, рабочий орган (ковш и др.) опущен на землю, кабина заперта и с питающего кабеля снято напряжение.

19. Запыленность воздуха и количество вредных газов на рабочих местах не должны превышать величин, установленных санитарными нормами. Места отбора проб и их периодичность устанавливаются графиком, утвержденным главным инженером карьера (предприятия), но не реже одного раза в месяц. Во всех случаях, когда содержание вредных газов или запыленность воздуха в карьере превышают установленные нормы, необходимо принять меры по обеспечению безопасных и здоровых условий труда. При возникновении пожара все работы на участках карьера, атмосфера которых загрязнена продуктами горения, должны быть прекращены, за исключением работ, связанных с ликвидацией пожара.

20. На карьерах, разрабатывающих самовозгорающиеся или легковоспламеняющиеся полезные ископаемые, необходимо предусматривать специальные профилактические и противопожарные мероприятия, утвержденные главным инженером предприятия.

21. Передвижение людей в карьере (разрезе) допускается по специально устроенным пешеходным дорожкам или по обочинам автодорог со стороны порожнякового направления движения автотранспорта.

В темное время суток пешеходные дорожки и переходы через железнодорожные пути и автодороги должны быть освещены. Передвижение людей с уступа на уступ по взорванной горной массе допускается только при особой производственной необходимости и

с разрешения в каждом отдельном случае лица технического надзора.

22. В карьерах должна быть организована доставка рабочих к месту работ на специально оборудованном для этой цели транспорте, если расстояние до места работ превышает 2 км и глубина работ более 100 м. Запрещается перевозка людей в саморазгружающихся вагонах, кузовах автосамосвалов и грузовых вагонетках канатных дорог.

23. Для сообщения между уступами следует устраивать прочные лестницы с двусторонними поручнями и наклоном не свыше 60 градусов или бульдозерные съезды с уклоном не более 20 градусов, освещаемые в темное время суток. Маршевые лестницы при высоте более 10 м должны быть шириной не менее 0,8 м. с горизонтальными площадками на расстоянии друг от друга по высоте не более 15 м. Расстояние и места установки лестниц по длине уступа устанавливаются планом развития горных работ. Ступеньки и площадки лестниц необходимо систематически очищать от снега, льда, грязи и при необходимости посыпать песком. Допускается использование для перевозки людей с уступа на уступ механизированных средств (эскалаторы и др.), допущенных Госгортехнадзором.

24. Переход через ленточные конвейеры разрешается только по переходным мостикам шириной не менее 0,8 м, оборудованным перилами высотой не менее 1 м. В местах прохода и проезда под конвейерами необходимо устанавливать защитные полки для предохранения людей от возможного поражения падающими с ленты кусками транспортируемого материала.

25. Запрещается: находиться людям в пределах призмы обрушения на уступах и в непосредственной близости от нижней бровки откоса уступа; работать на уступах при наличии нависающих "козырьков", глыб, крупных валунов, а также нависей из снега и льда. В случае невозможности произвести ликвидацию заколов или оборку борта все работы

в опасной зоне должны быть приостановлены, люди выведены, а опасный участок огражден предупредительными знаками.

26. Проезд в железнодорожных составах и кабинах локомотивов разрешается лицам, сопровождающим составы, а также надзору и отдельным рабочим при наличии у них письменного разрешения администрации.

27. Проезд через железнодорожные пути в карьере бульдозерам, автомашинам и другим колесным, гусеничным или шагающим машинам разрешается в установленных местах, специально оборудованных и обозначенных указателями. Переезд через железнодорожные пути, связанный с технологией ведения горных работ, допускается по утвержденному главным инженером предприятия регламенту с осуществлением необходимых мер безопасности.

28. При проведении и эксплуатации подземных выработок карьеров надлежит руководствоваться Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах и Едиными правилами безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. Взрывные работы на открытых горных разработках должны производиться с соблюдением Единых правил безопасности при взрывных работах. При выполнении строительно - монтажных и специальных строительных работ на горных предприятиях по добыче полезных ископаемых открытым способом, кроме настоящих Правил, следует соблюдать требования действующих строительных норм и правил.

29. Устройство, установка и эксплуатация грузоподъемных кранов, паровых котлов и сосудов, работающих под давлением, должны отвечать требованиям Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов, и Правил устройства, и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

30. Все несчастные случаи на производстве подлежат расследованию, регистрации и учету в соответствии с Положением о расследовании и учете несчастных случаев на производстве.

4.2 БУРОВЫЕ РАБОТЫ

1. Буровой станок должен быть установлен на спланированной площадке уступа вне призмы обрушения и при бурении первого ряда расположен так, чтобы гусеницы станка находились от бровки уступа на расстоянии не менее чем 2 м, а его продольная ось была перпендикулярна бровке уступа. Под домкраты станков запрещается подкладывать куски руды и породы. При установке буровых станков шарошечного бурения на первый ряд скважин управление станками должно осуществляться дистанционно.

2. Перемещение бурового станка с поднятой мачтой по уступу допускается только по спланированной горизонтальной площадке. При передвижении станка под линиями электропередачи мачта должна быть опущена. При перегоне буровых станков мачта должна быть опущена, буровой инструмент снят или надежно закреплен.

3. Бурение скважин следует производить в соответствии с инструкциями, разработанными предприятиями на основании типовых для каждого способа бурения (огневого, шарошечного и др.).

4. Запрещается бурение скважин станками огневого (термического) бурения в горных породах, склонных к возгоранию и выделению ядовитых газов.

5. Каждая скважина, диаметр устья которой превышает 250 мм, после окончания бурения должна быть перекрыта. Участки пробуренных скважин обязательно ограждаются предупредительными знаками. Порядок ограждения зоны пробуренных скважин утверждается главным инженером предприятия.

6. Шнеки у станков вращательного бурения с немеханизированными сборкой и разборкой бурового става и очисткой устья скважины должны

иметь ограждения, заблокированные с подачей электропитания на двигатель вращателя.

7. Запрещается работа на станках вращательного и шарошечного бурения с неисправными ограничителями переподъема бурового снаряда, при неисправном тормозе лебедки и системы пылеподавления.

8. При применении самовращающихся канатных замков направление свивки прядей каната и нарезка резьбовых соединений бурового инструмента должны быть противоположными.

9. Подъемный канат бурового станка должен рассчитываться на максимальную нагрузку и иметь пятикратный запас прочности. При выборе каната необходимо руководствоваться заводским актом - сертификатом. Не менее одного раза в неделю механик участка или другое специально назначенное лицо должен проводить наружный осмотр каната и делать запись в журнал о результатах осмотра.

Выступающие концы проволок должны быть обрезаны. При наличии в подъемном канате более 10% порванных проволок на длине шага свивки его следует заменить.

10. При бурении перфораторами и электросверлами ширина рабочей бермы должна быть не менее 4 м. Подготовленные для бурения негабаритные куски следует укладывать устойчиво в один слой вне зоны всевозможного обрушения уступа.

4.3. ОХРАНА ТРУДА

Состав атмосферы карьера должен отвечать установленным нормативам по содержанию основных составных частей воздуха и вредных примесей (пыль, газы), с учетом действующих ГОСТов.

Воздух рабочей зоны должен содержать по объему 20 % кислорода и не более 0,5 % углекислого газа.

В целом продуктивная толща известняков содержит 4,12 % SiO_2 , при этом допускается концентрация пыли в рабочей зоне должна быть не более 4 мг/м. .

В карьере и на отвалах на рабочих местах должен проводиться отбор проб для анализа воздуха на содержание вредных газов, не реже одного раза в квартал, в соответствии с «Инструкцией по контролю содержания пыли в воздухе на предприятиях горнорудной и нерудной промышленности». Допуск рабочих и технического персонала в карьер после производства массовых взрывов разрешается только после проверки и снижения ядовитых газов в атмосфере до санитарных норм, но не ранее, чем через 30 минут после взрыва.

Все машины и механизмы с двигателями внутреннего сгорания должны быть оборудованы нейтрализаторами вредных газов.

Для снижения пылеобразования при ликвидации горной массы в период положительных температур, необходимо проводить систематическое орошение взорванной горной массы водой.

Для снижения пылеобразования на автодорогах при положительной температуре воздуха должна проводиться поливка дорог водой с применением при необходимости связующих добавок.

На карьере и отвалах должны быть оборудованы закрытые туалеты в удобных для пользования местах, а также вагон-бытовки для обогрева рабочих зимой и укрытия от дождя. Вагон-бытовки должны иметь столы, скамьи для сидения, умывальник с мылом, бачок с кипяченной питьевой водой, вешалку для верхней одежды, аптечку первой помощи.

Температура воздуха в вагон-бытовках должны быть не менее 20°C.

Аптечки первой помощи должны быть на каждом участке, в цехах, мастерских, а также на всех горнотранспортных машинах и механизмах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения дипломной работы был разработан стенд для промывки шарошечного бурового долота. Помимо этого, также производился анализ износа шарошечного долота и причины износа бурового инструмента.

Совершенствование буровых долот осуществляется в направлении улучшения их конструкций: создания новых схем опор с герметизированными маслonaполненными опорами для низкооборотного и высокооборотного бурения. Применения новых форм твердосплавных зубков, изыскания более износостойких материалов, повышения точности изготовления деталей и сборки буровых долот, а также применения более совершенных схем подвода промывочной жидкости к забою скважины.

В последнее время в России были проведены многочисленные исследования по повышению эффективности работы шарошечных долот, способов продления их работоспособности. Одним из способов продления работоспособности долот является проведение профилактических работ по поддержанию работоспособности долот в процессе их эксплуатации. Для проведения профилактических работ шарошечных долот предлагается промывка шарошечных долот. Профилактические промывки долот через первые 300-400м проходки позволяют увеличить проходку на одно долото на 20-40%, что позволяет увеличить срок службы и снизить затраты на буровой инструмент при ведении буровых работ.

По выше приведенным данным можно сказать, что представленная установка для промывки шарошечного долота экономически эффективна и целесообразна в применении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Буровые долота. Справочник. Изд. 3-е. Палий П.А, Корнеев К.Е. м издательство "Недра" 1971.
2. Инструмент для бурения взрывных скважин на карьерах. Катанов Б.А. Сафохин М.С. Москва "Недра" 1989 .
3. Работа шарошечных долот и их совершенствование. Симонов В.В, Выхребцов ВГ. Москва " Недра" 1975.
4. Международная инженерная энциклопедия. Серия "Нефтегазовая техника и технология " Буровой породоразрушающий инструмент Кершенбаума В.Я, Торгашова А.В, Мессера А.Г. Москва 2003.
5. Проектирование буровых долот для открытых горных, земляных и строительных работ. Буткин В.Д, Гилев А.В, Доронин С.В, Чесноков В.Т, Гилев Р.А, Нехорошей Д.Б. Москва "МАКС Пресс" 2005.
6. Долговечность буровых долот В. Н. Виноградов, Г. М. Сорокин, А. Н. Пашков, В. М. Рубарх Долговечность буровых долот. М., «Недра».
7. Буровое оборудование. Справочник. Том 1 В.Ф. Абубакиров, В.Л. Архангельский, Ю.Г. Буримов, И.Б. Малкин, А.О. Межлумов, Е.П. Мороз Буровое оборудование: Справочник: В 2-х томах. Том 1. - М.: Недра.
8. Катанов Б.А. Основные причины износа шарошечных долот и пути его снижения. Горные машины и автоматика, № 2,2003, с. 13-14.
9. Катанов Б.А. Новые направления совершенствования режущих буровых долот // Известия вузов. Горный журнал. - 1997.
10. Катанов Б.А. Новая конструкция режуще-шарошечного долота. Горная промышленность. 2001.
11. Катанов, Б.А., Сафохин М.С. Инструмент для бурения взрывных скважин на карьерах. - М.: Недра, 1989.
12. Катанов, Б.А., Сафохин М.С. Инструмент для бурения взрывных скважин на карьерах. -М.: Недра, 1989.

13. Справочник по буровзрывным работам/ М.Ф. Друкованый, Л.В. Дубнов, Э.О. Миндели и др.. -М.: Недра.
14. Воронов Ю.Е. Совершенствование бурового оборудования разрезом [Текст] / Ю.Е. Воронов, - Кемерово: Кузбасс. гос. ун-т, 1998.
15. Буровое оборудование: Справочник. Том 2: Буровой инструмент В.Ф. Абубакиров, Ю.Г. Буримов, А.Н. Гноевых и др. Издательство: Недра 2003